

**FERNANDO ALVIM VEIGA**

***PROCESSOS MORFODINÂMICOS E  
SEDIMENTOLÓGICOS NA  
PLATAFORMA CONTINENTAL RASA  
PARANAENSE.***

Tese apresentada ao curso de Pós-graduação em Geologia Ambiental do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de doutor.

Orientador: Rodolfo José Angulo.

Co-orientador: Eduardo Marone

CURITIBA  
2005

*Para Raquel, Lia e Enzo,  
razão de minha  
perseverança e motivo de  
meu orgulho.*

*Ao Papito, onde ele  
estiver.*

*À Maria, que nunca cansa  
de mim.*

*Não se trata de ter tudo que  
desejas,  
mas de zelar pelo que tens.*  
Antigo provérbio chinês

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Rodolfo José Angulo, um grande amigo e incentivador, sempre pronto a partilhar seu conhecimento e ajudar a encontrar as soluções para os problemas que surgiram ao longo desta jornada.

Ao Prof. Dr. Eduardo Marone pelo incentivo, sugestões e atenção que me concedeu, fazendo com que o trabalho fosse desenvolvido de maneira proveitosa.

Ao Prof. Msc. Carlos Roberto Soares, que desde os tempos de graduação é um excelente amigo, que me recebeu no Laboratório de Oceanografia Geológica onde sempre me senti em casa.

Ao Prof. Dr. Frederico Pereira Brandini, que sempre apoiou este trabalho com todos os meios disponíveis, auxiliando muito na sua conclusão.

Ao Prof. Dr. Maurício de Almeida Noernberg, sempre acessível para o esclarecimento das dúvidas que surgiam repentinamente.

Aos colegas do LOGEO, Alfredo, Lydio, Marcelo e Carrilho, pelas discussões científicas proveitosas e pelo ambiente de trabalho alegre e divertido, mesmo frente às adversidades pelas quais passamos juntos.

A Guisi e Rafaela pelo auxílio nas atividades laboratoriais sem o qual seria difícil a conclusão deste trabalho.

A estimada colega Maria Cristina, pela paciência e disposição em ajudar a qualquer momento em que eu a interrompia em seu trabalho.

A todos os funcionários do Centro de Estudos do Mar, sempre prontos a auxiliar na logística necessária para a realização deste estudo.

Aos amigos que fiz no CEM, sem os quais estes anos teriam sido bem mais difíceis.

À minha amada esposa Raquel, sem a qual eu não teria a tranquilidade de realizar as diversas viagens necessárias à conclusão deste trabalho, sabendo que os filhos encontravam-se sob seu dedicado cuidado.

A meus amados filhos Lia e Enzo, por tornarem a vida mais alegre e encherem meu coração de amor e ternura, dando um sentido maior a esta vida.

A meu pai Luiz Alberto, a quem devo muito e que não pôde ver este dia chegar.

Às minhas irmãs Thelma, Cláudia e Sônia que nunca deixam que o sentimento de família se apague em nossos corações.

À minha amada mãe Maria, que sempre me apoiou nos momentos mais difíceis da vida, com paciência, carinho e amor. Sem este apoio, não seria possível me dedicar à pesquisa, atividade que tanto me traz prazer.



## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTAS DE TABELAS	ix
LISTA DE QUADROS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1.A INTRODUÇÃO	1
1.1. A IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS NA PLATAFORMA INTERNA	1
1.2. OS OBJETIVOS	2
1.3. A LOCALIZAÇÃO	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1. A TERMINOLOGIA ADOTADA	4
2.2. O CONCEITO DE EQUILÍBRIO EM PLATAFORMAS CONTINENTAIS	4
2.3. O MODELO DE BRUUN	6
2.4. AS VARIAÇÕES RELATIVAS DO NÍVEL DO MAR	8
2.5. OS PADRÕES DE FÁCIES EM PLATAFORMAS CONTINENTAIS	8
2.5.1. O CONCEITO DE SELEÇÃO PROGRESSIVA	9
2.5.2. O FLUXO E A ESTRATIFICAÇÃO EM PLATAFORMAS	10
2.6. OS SEDIMENTOS	13
2.7. O BALANÇO SEDIMENTAR	14
2.8. AS CORRENTES	15
2.9. AS ONDAS	18
2.10. A INTERAÇÃO DAS ONDAS COM O FUNDO	19
2.11. AS TENDÊNCIAS DE TRANSPORTE DE MATERIAL	20
3. A CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	25
3.1. A PLANÍCIE COSTEIRA ADJACENTE	25
3.2. AS VARIAÇÕES RELATIVAS DO NÍVEL DO MAR	28
3.3. A PLATAFORMA INTERNA RASA	29
3.4. A S CORRENTES	30
3.5. AS ONDAS	32
3.6. AS MARÉS	32
3.7. O CLIMA	33
3.8. OS VENTOS	33
3.9. AS PRECIPITAÇÕES	34
3.10. O TRANSPORTE DE MATERIAL NA REGIÃO	34
4. MATERIAIS E MÉTODOS	36
4.1. TRABALHOS DE CAMPO	36
4.1.1. A AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS DE FUNDO	36
4.1.2. AS FORMAS DE FUNDO	37
4.1.3. AS ESTRUTURAS SEDIMENTARES	37
4.1.4. AS SONDAGENS	39
4.1.5. OS RECIFES DE ARENITO	42

4.1.6. O SONAR DE VARREDURA LATERAL.	42
4.1.7. AS CORRENTES MEDIDAS	43
4.2. TRABALHOS DE LABORATÓRIO	45
4.2.1. A BATIMETRIA	45
4.2.2. AS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS	45
4.2.3. CONFECÇÃO DAS SEÇÕES DELGADAS	46
4.2.4. DIFRATOMETRIA POR RAIOS X	46
4.2.5. AS DATAÇÕES AO <sup>14</sup> C	46
4.2.6. AS TENDÊNCIAS DE TRANSPORTE DE MATERIAL	46
5. RESULTADOS	48
5.1. A BATIMETRIA	48
5.2. AS CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS	52
5.3. OS RECIFES DE ARENITO	63
5.4. A MORFOLOGIA	73
5.5. AS IMAGENS OBTIDAS COM SONAR DE VARREDURA LATERAL	76
5.6. AS CORRENTES	81
5.7. A ESTRATIGRAFIA	83
6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXO I - PERFIS BATIMÉTRICOS	
ANEXO II - DESCRIÇÃO DE SONDAGENS	
ANEXO III - FICHAS DE SONDAGEM	

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A.P. - Antes do presente.

APPA - Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina.

CEM - Centro de Estudos do Mar.

$D_c$  - Profundidade de fechamento do perfil (*closure depth*).

DGPS - Differential Global Positioning System.

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação.

GPS - Global Positioning System.

LECOST - Laboratório de Estudos Costeiros

LFM - Laboratório de Física Marinha.

LOGEO - Laboratório de Oceanografia Geológica.

NRM - Nível relativo do mar.

$S_c$  - Setor de fechamento de perfil.

UFPR - Universidade Federal do Paraná.

UTM - Universal Transversal Mercator.

$\Phi$  - phi - unidade de escala granulométrica.

Figura 1.3.1 - Localização e acessos à área de estudo.	3
Figura 2.2.1 - Exemplo das relações entre as variáveis Q e P no perfil da plataforma continental. A - Um aumento no suprimento de sedimentos (Q) pode tornar o perfil da plataforma mais raso. B - Um aumento no transporte de sedimentos (P) pode torná-lo mais profundo (modificado de SWIFT & THORNE, 1991).	5
Figura 2.2.2 - Geometria de acreção de sedimentos em margem continental com números indicando as sucessivas posições da superfície deposicional (Modificado de SWIFT & THORNE, 1991).	6
Figura 2.3.1 - A Regra de Bruun - translação da praia <i>s</i> causada por um aumento do NRM <i>a</i> causando a deposição de sedimentos ao longo do perfil com espessura <i>a</i> tentando atingir novo equilíbrio (modificado de BRUNN, 1983).	7
Figura 2.5.1.1 - Modelo de Markov para seleção progressiva. A) Perfil da plataforma com nove estações. B) A chave de Markov consiste em estações de transição (círculos), estações armadilhas (quadrados) e os caminhos de transição. C) Distribuição de frequência da granulometria limite para cada estação de aprisionamento. D) Variação da média e desvio padrão dos dados computados (modificado de SWIFT <i>et al.</i> , 1972).	10
Figura 2.5.2.1 - Modelo de deposição durante evento de tempestade. A medida em que a corrente aumenta, o leito é erodido e o sedimento em suspensão é transportado pelo fluido junto ao fundo. Com a diminuição da energia o sedimento redeposita como camada gradacional. A inconformidade indica a base de erosão das correntes durante o máximo de energia do ambiente (modificado de NIEDORODA <i>et al.</i> , 1989; depois de SWIFT & THORNE, 1991).	11
Figura 2.5.2.2 - Representação esquemática da zona de mistura e bioturbação sobre a camada de soterramento permanente que conteria o registro gravado na fita da história da deposição das camadas (modificado de NITTROUER & STERNBERG, 1981).	12
Figura 2.5.2.3 - Representações de box-corers e diagrama representando as relações entre a granulometria e o índice de força de onda na costa Atlântica da América do Norte (modificado de SWIFT <i>et al.</i> , 1991).	13
Figura 2.7.1 - Principais componentes envolvidos na determinação do balanço sedimentar (Modificado de KOMAR, 1998).	15
Figura 2.8.1 - Representação da correlação entre o ângulo de incidência ( $\theta$ ) dos trens de onda e a corrente resultante. A - Trens paralelos à costa tendem a desenvolver células de circulação dominadas pelas correntes de retorno ( $\theta = 0^\circ$ ). B - Com o aumento do ângulo $\theta$ as células inclinam-se. C - Trens oblíquos formam correntes paralelas à linha de costa ou de deriva litorânea (modificado de SWIFT & THORNE, 1991).	16
Figura 2.8.2 - inter-relação entre as correntes, o transporte e a deposição de sedimentos em uma costa sem a presença de rios importantes. A - diagrama ilustrando os mecanismos dinâmicos básicos. B - diagrama esquemático do sistema de dispersão de sedimentos ilustrando a diminuição do diâmetro médio e a seleção progressiva fluxo abaixo (AMG=areia muito grossa; AG=areia grossa; AM=areia média; AF=areia fina;	

AMF=areia muito fina) (SWIFT & THORNE, 1991).	17
Figura 2.9.1 - Perfil e mapa ilustrando como os movimentos circulares simétricos e assimétricos das ondas podem afetar as formas de fundo. A - Movimentos circulares em águas profundas correspondem a formas de ondas simétricas. Movendo-se em direção à costa, tornam-se assimétricas com movimentos elípticos que tocam o fundo, transportando sedimentos para ambos os lados. B - Mapa correspondente ao perfil mostrando as formas de fundo associadas às formas da onda (modificado de CLIFTON, 1976).	19
Figura 2.10.1 – Corte longitudinal de uma forma de leito mostrando as estruturas sedimentares internas (Modificado de LESSA, 2000).	20
Figura 3.1.1 - Mapa geológico simplificado da porção central da planície costeira paranaense (modificado de ANGULO, 1992; depois de LESSA <i>et al.</i> , 2000).	26
Figura 3.1.2 - Modelo de evolução da planície costeira proposto (LESSA <i>et al.</i> , 2000).	27
Figura 3.1.3 - Modelo de evolução da barreira holocênica proposto por SOUZA <i>et al.</i> (2003) para a região de Paranaguá.	28
Figura 3.2.1 - Curvas propostas para a região do estudo por: A) SUGUIO <i>et al.</i> (1985); B) ANGULO & SUGUIO (1995) e ANGULO & LESSA (1997) (Modificado de LESSA <i>et al.</i> , 2000).	29
Figura 3.4.1.1 - Diagrama das direções do vento em Pontal do Sul. Fonte: Laboratório de Física Marinha - CEM. (NOERNBERG, 2001).	31
Figura 3.4.2.1 - Precipitação mensal (mm) em Pontal do Sul no ano de 2000. (Dados do Laboratório de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar).	32
Figura 3.5.1 - Imagem de satélite Landsat 7 mostrando as plumas de sedimento causadas pela ação das correntes de retorno. A - Detalhe da imagem onde podem ser identificadas as correntes de retorno e as mega-correntes de retorno ( <i>mega rips</i> ) (modificado de NOERNBERG, 2001).	33
Figura 4.1.1 - Mapa batimétrico do litoral do Paraná indicando os pontos amostrais realizados durante este trabalho.	36
Figura 4.1.3.1 - Testemunhador tipo <i>box-corer</i> modelo D-2, para amostragem de sedimento submerso inconsolidado (Foto: Logeo).	38
Figura 4.1.3.2 - Amostra limpa na bandeja.	39
Figura 4.1.3.3 - Peeling retirado da amostra.	39
Figura 4.1.3.4 - Peeling após lavagem em água corrente. Observar que a imagem obtida é o espelho da original.	39
Figura 4.1.4.1 - Localização das sondagens realizadas.	40
Figura 4.1.4.2 - Pontos de sondagem próximo ao Balneário de Matinhos.	40
Figura 4.1.4.3 - Pontos de sondagem próximo ao Arquipélago de Currais.	41
Figura 4.1.6.1 - Aspecto do sistema de aquisição de imagens com sonar de varredura lateral.	42
Figura 4.1.6.2 - Localização dos perfis realizados para obtenção de imagens do fundo	

com sonar de varredura lateral - <i>Sidescan</i> .	43
Figura 4.2.6.1 - Localização da área de estudo de vetores de transporte.	45
Figura 5.1.1 - Características batimétricas do litoral do Paraná.	46
Figura 5.1.2 - Relevo do fundo oceânico no litoral paranaense.	47
Figura 5.1.3 - Localização dos 16 perfis batimétricos realizados a partir de informações de cartas náuticas.	48
Figura 5.1.4 - Perfil A típico da área do delta da desembocadura sul do CEP. Perfil G característico da porção central da área. Perfil P típico da porção sul da área onde ocorrem corpos de areia grossa associados aos altos fundos observados no perfil.	49
Figura 5.2.1 - Resultado típicos das areias finas e muito finas do delta.	50
Figura 5.2.2 - Resultado típicos das areias muito finas próximas à costa com teores de finos entre 10 e 40%.	50
Figura 5.2. 3 - Resultado típicos das areias médias e grossas.	51
Figura 5.2. 4 - Resultado típicos das areias finas da faixa dos 10 a 15 m de profundidade.	51
Figura 5.2.5 - Resultado típicos das areias finas a muito finas das barras.	51
Figura 5.2.6 - Posicionamento dos diferentes padrões de distribuição granulométrica observados em histogramas no mapa da cobertura sedimentar.	52
Figura 5.2.7 - Distribuição do diâmetro médio nos sedimentos de fundo da plataforma interna da porção central do litoral paranaense, segundo a classificação nominal de FOLK & WARD (1957).	53
Figura 5.2.8 – Grau de seleção dos sedimentos da plataforma interna na porção central do litoral paranaense.	54
Figura 5.2.9 – Assimetria dos sedimentos da plataforma interna na porção central do litoral paranaense.	55
Figura 5.2.10 – Teor de matéria orgânica presente nos sedimentos da plataforma interna na porção central do litoral paranaense.	56
Figura 5.2.11 – Teores de carbonatos totais nos sedimentos da plataforma interna na porção central do litoral paranaense.	57
Figura 5.2.12 - Vetores de transporte gerados pela aplicação do programa GSTA (GAO, 1996).	58
Figura 5.2.13 - Vetores de transporte validados pelo programa GSTAST (CHANG, <i>et al.</i> , 2001).	59
Figura 5.2.14 - Vetores de transporte validados pelo programa TRANSVEC (leROUX, 2002).	60
Figura 5.3.1 - Localização dos recifes de arenito amostrados.	61
Figura 5.3.2 - Arenito composto por areia grossa e grânulos de quartzo e fragmentos de conchas que ocorre a 33 m de profundidade.	62
Figura 5.3.3 - Arenito composto por areia fina a média, com grânulos de quartzo e fragmentos de conchas que ocorre a 27 m de profundidade.	62
Figura 5.3.4 - Arenito composto por areia fina, com fragmentos de conchas que ocorre a	

23 m de profundidade.	63
Figura 5.3.5 - Arenito composto por areia fina a muito fina, com fragmentos de conchas que ocorre a 21 m de profundidade.	63
Figura 5.3.6 - Arenito composto por areia fina a média com fragmentos de conchas que ocorre a 18 m de profundidade.	64
Figura 5.3.7 - Aspecto geral da lâmina da amostra R33 (Nicóis cruzados - XN).	65
Figura 5.3.8 - Detalhe de bioclasto da amostra R33.(XN)	65
Figura 5.3.9- Detalhe fragmento de concha na amostra R33. (XN)	65
Figura 5.3.10- Textura micrítica ao lado de cristais de carbonato mais desenvolvidos. (XN)	65
Figura 5.3.11- Aspecto geral da amostra R27 indicando a presença de grãos de quartzo maiores em meio aos menores(XN).	66
Figura 5.3.12- Aspecto do feldspato alterado da lâmina R27(XN).	66
Figura 5.3.13- Bioclastos da lâmina R27. (XN)	66
Figura 5.3.14- Aspecto de bioclasto da lâmina R27. (XN)	66
Figura 5.3.15- Bioclastos e fragmentos de conchas da lâmina R27 (XN)	66
Figura 5.3.16- Aspecto da matriz micrítica da lâmina R27. (XN)	66
Figura 5.3.17- Aspecto geral da lâmina delgada realizada a partir da amostra R23. (XN)	67
Figura 5.3.18- Fragmentos de conchas na amostra R23. (XN)	67
Figura 5.3.19- Feldspato alterado na lâmina R23. (XN)	67
Figura 5.3.20- Provável resto vegetal na lâmina R23. (XN)	67
Figura 5.3.21- Bioclasto na amostra R23. (XN)	67
Figura 5.3.22- Bioclasto na amostra R23. (XN)	67
Figura 5.3.23 - Aspecto geral da lâmina R21 onde se observam os cristais de quartzo bem selecionados. (XN)	68
Figura 5.3.24- Bioclasto na lâmina R21. (XN)	68
Figura 5.3.25- Aspecto dos cristais de carbonato da matriz na amostra R21. (XN)	68
Figura 5.3.26- Cristal de feldspato alterado na lâmina R21. (XN)	68
Figura 5.3.27- Matriz micrítica da lâmina R21.	68
Figura 5.3.28 - Fragmento vegetal. (XN)	68
Figura 5.3.29 - Aspecto geral da lâmina delgada proveniente da amostra R18. (XN)	69
Figura 5.3.30- Bioclasto presente na lâmina R18. (XN)	69
Figura 5.3.31- Bioclasto da amostra R18. (XN)	69
Figura 5.3.32- Fragmento de concha na lâmina R18. (XN)	69
Figura 5.3.33 - Diferença marcante no tamanho dos grãos na lâmina R18. (XN)	69
Figura 5.3.34- Grão de feldspato no centro da imagem na lâmina R18. (XN)	69
Figura 5.3.35- Difratograma das amostras R18, R21, R23 e R27.	70
Figura 5.4.1 – Ondas de areia assimétricas com cristas alongadas, altura de 45 cm e comprimento de onda de cerca de 1,50 m, observadas no ponto C1 a 19 metros de profundidade. Direção de cristas N75E e assimetria de crista indicando migração para N15W. Pequenas marcas de ondas simétricas e descontínuas com direção das cristas	

N40/50E ocorrem sobrepostas.	71
Figura 5.4.2 – Detalhe das marcas de onda observadas no ponto C1.	72
Figura 5.4.3 – Marcas de ondas irregulares, do ponto A3, com comprimento de 53 cm e altura de 9 cm, observadas a 12 metros de profundidade.	72
Figura 5.4.4 - Marcas onduladas simétricas cruzadas observadas no ponto A2. Comprimento de onda de 27 cm e altura 4 cm, direção de cristas N45E. Marcas interiores menores com comprimento de onda de 4 cm e altura 1 cm com direção de cristas para S80E. Observação realizada a 12 metros de profundidade.	72
Figura 5.5.1 –Contato entre corpo de areia grossa e areia fina com cascalho.	74
Figura 5.5.2–Substrato rochoso.	75
Figura 5.5.3– Contato entre a areia fina predominante na área e corpo de areia média a grossa e marcas de ondas de areia ( <i>sandwaves</i> ).	75
Figura 5.5.4 –Área de ocorrência de areia muito fina com teores de silte e argila elevados.	76
Figura 5.5.5 – Formas de fundo de grande amplitude classificadas como ondas de areia ( <i>sandwaves</i> ).	76
Figura 5.5.6 – Corpo de areia média a grossa com marcas de ondas de cerca de 1 m de amplitude ( <i>ripples</i> ).	77
Figura 5.5.7 - Fundo liso característico de areia fina.Figura 5.5.8 - Locais de obtenção das imagens típicas de diferentes tipos de substrato e formas de fundo encontradas.	77
Figura 5.5.8 - Locais de obtenção das imagens típicas de diferentes tipos de substrato e formas de fundo encontradas.	78
Figura 5.6.1 - Foto e esquema da amostra retirada a 16 m de profundidade, composta de areia fina com estratificações cruzadas tabulares truncadas por bioturbação na parte inferior direita que encontra-se melhor preservada. Observa-se concentração de grânulos e fragmentos de conchas (pontos pretos no desenho) sobre as estratificações preservadas.Os 12 cm superiores estão bioturbados.	81
Figura 5.6.2 - Foto e esquema da amostra retirada a 12 m de profundidade composta de areia fina com estratificações cruzadas tabulares com mais de 13cm de sets formando ângulo entre si de 55° presentes nos 13 cm inferiores. Acima de uma inconformidade erosiva a cerca de 7 cm de profundidade, ocorrem estratificações cruzadas hummocky e cruzadas tangenciais na base. Note-se a pouca bioturbação presente na amostra.	81
Figura 5.6.3 - Foto e esquema da amostra retirada a 12 metros de profundidade, composta de areia média, com estratificação cruzada tendendo a tangencial na base, com abundância de grânulos de quartzo e fragmentos de conchas (pontos pretos no desenho).	82
Figura 5.6.4 - Foto e esquema da amostra retirada a 11 m de profundidade, composta de areia muito fina. Camada inferior com 10 cm de espessura contendo bolas de lama resultantes do preenchimento de orifícios de bioturbação por material fino. Laminação wavy evidenciada pela presença de lâminas de areia muito fina e lâminas com silte	



intercaladas, de forma ondulada. A camada superior encontra-se bioturbada.	82
Figura 5.6.5 - Foto do testemunho retirado no ponto A5 onde observam-se dois intervalos similares de: (a) areia muito fina rica em silte e matéria orgânica, com orifícios causados por bioturbação preenchidos por areia média a grossa; (b) inconformidade causada por evento erosivo; (c) laminações plano-paralelas com lâminas de espessura centimétrica de areia muito fina e lâminas de espessura milimétrica ricas em silte. (d) no topo das camadas bioturbadas aparentemente ocorre estrutura de fluxo.	83
Figura 5.6.6 - Foto e esquema da amostra retirada a 16 m de profundidade contendo em sua parte inferior areia média com lâminas de areia fina escura. Após inconformidade erosiva ocorre areia média com estrutura maciça e gradação normal.	84
Figura 5.6.7 - Foto e esquema da amostra retirada a 14,5 m de profundidade composta na parte inferior por areia muito fina com bolas de lama, resultantes do preenchimento de orifícios de bioturbação por material mais fino. Uma lente de conchas marca uma inconformidade erosiva. As conchas apresentam, em sua maioria, a concavidade para cima, também ocorrendo para baixo. Acima deste plano ocorre areia média onde pode ser observada gradação normal logo acima das conchas.	84
Figura 5.6.8 - Foto e esquema da amostra obtida a 14 metros de profundidade composta por areia média com fragmentos de conchas e estrutura maciça. Os vazios correspondem a conchas e orifícios de bioturbação preenchidos por material fino que foram perdidos na lavagem do material ao soltarem-se do tecido.	85
Figura 5.6.9 - Foto e esquema da amostra retirada a 13 metros de profundidade composta de areia fina, com abundantes fragmentos de conchas e estrutura maciça. Orifícios de bioturbação preenchidos por lama tiveram o material perdido durante a lavagem por terem se soltado do tecido e encontram-se vazios.	85
Figura 5.6.10 - Foto e esquema da amostra obtida a 11 metros de profundidade onde ocorre na porção inferior sedimento de cor mais clara que na parte superior. Acima deste ocorre lente de conchas a cerca de 17 cm do leito, provavelmente deformado nas bordas durante a retirada do testemunho. Há evidências de estratificações cruzadas hummocky e cruzadas truncadas e descontínuas de baixo ângulo na parte superior da amostra, que é composta por areia fina com fragmentos de conchas abundantes.	86
Figura 5.6.11 - Perfis de sondagens realizados próximos a Matinhos.	89
Figura 5.6.12 - Perfis de sondagens realizados próximos a Currais.	90
Figura 6.1 - Configuração da desembocadura sul do CEP (1) terras emersas; (2) praias; (3) barras de espraçamento ; (4) barras submersas com arrebentação ; (5) barras submersas sem arrebentação (modificado de ANGULO, 1999).	95
Figura 6.2 - Padrões inferidos de transporte de material para a porção sul do delta de desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá (LAMOUR, 2000).	96
Figura 6.3 - Imagem de satélite da área de estudo evidenciando as proporções do Banco da Galheta (modificado de NOERNBERG, 2001).	97
Figura 6.4 - Evolução morfológica de um recife de arenito (modificado de TURNER,	

1999).	99
Figura 6.5 - Perfil batimétrico com a granulação do sedimento superficial na porção central da área estudada (1)Areia muito fina; (2)Areia fina; (3)Areia média; (4)Areia grossa. (Exagero vertical aproximado de 35X).	103
Figura 6.6 – Resumo dos dados obtidos no perfil A, com sua posição ao longo do perfil batimétrico.	106
Figura 6.7 – Resumo dos dados obtidos no perfil B, com sua posição ao longo do perfil batimétrico.	107
Figura 6.8 - Modelo evolutivo da barreira holocênica na região de Praia de Leste como proposto por SOUZA (2005) com as idades holocênicas e pleistocênicas que orientam o posicionamento da superfície erosiva.	110

<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>PÁGINA</b>
Tabela 3.5.1 - Características mensais das ondas na costa paranaense entre 21/08/1982 e 21/01/1983 (PORTOBRÁS, 1983).	32
Tabela 5.3.1 - Principais minerais presentes nas rochas R18, R21, R23 e R27.	70
Tabela 5.4.1 – Resumo dos dados obtidos durante mergulhos de observação das formas de fundo.	73

<b>LISTA DE QUADROS</b>	<b>PÁGINA</b>
Quadro 5.6.1 - Estruturas sedimentares observadas em <i>box-corer</i> na área investigada.	87

## RESUMO

Este trabalho constitui-se no primeiro levantamento das características sedimentológicas da porção central da plataforma continental interna rasa paranaense, que foi aqui definida como a região imediatamente posterior à zona de surf em direção ao mar até a profundidade em que as ondas frequentemente interagem com o fundo. Dados batimétricos, sedimentológicos, estratigráficos, morfológicos e hidrodinâmicos foram utilizados para caracterizar a plataforma interna em uma área de aproximadamente 350 km<sup>2</sup> no litoral central paranaense. A batimetria da área indica gradientes suaves: entre o nível médio do mar e 7 m de profundidade o gradiente fica em torno de 1/65, entre 7 e 12 m de profundidade o gradiente fica em torno de 1/300 e entre 12 e 15 m de profundidade o gradiente suaviza para 1/700. Altos fundos estão associados a depósitos palimpséticos. A distribuição dos sedimentos superficiais é controlada tanto pela dinâmica quanto pela herança geológica, ocorrendo cinco tipos de sedimentos distintos com texturas classificadas como areia muito fina até areia grossa. As feições de fundo indicam regimes de correntes uni ou bidirecionais, geradas por trens de ondas principais provenientes dos quadrantes NE e SE, sendo seu tamanho diretamente proporcional ao tamanho dos grãos. As estruturas sedimentares indicam um ambiente controlado por variações de energia de caráter episódico, com frequentes eventos remobilizadores de sedimentos. Ocorrem ainda, depósitos originados em períodos de baixa energia de ondas, com teores de finos entre 10 e 40% que, por coesão, resistem à força das correntes quando a energia aumenta. Sondagens demonstram, além da variabilidade vertical dos depósitos na plataforma interna, que nas areias é frequente a gradação normal. A profundidade de fechamento do perfil ( $D_c$ ) foi estabelecida próxima a isóbata de 10 m, sugerindo-se adotar o termo setor de fechamento de perfil ( $Sc$ ) que estaria entre 9 e 11 metros por causa da natureza mutável da hidrodinâmica local. A ocorrência de sedimentos pleistocênicos a 30 cm abaixo da superfície do fundo, indica que o suprimento de sedimento na plataforma é pequeno quando comparado com a planície costeira adjacente. Recifes de arenito encontrados em cinco diferentes profundidades, marcam paleo níveis da zona intermarés e poderão auxiliar na determinação da curva do nível relativo do mar no Holoceno. Neste trabalho, a plataforma interna paranaense foi classificada como dominada por tempestades.

**Palavras chave:** geologia marinha, perfil de equilíbrio, recifes de arenito.

## ABSTRACT

Beach morphodynamic studies in Paraná State have made considers about longshore littoral drift. However, inner continental shelf studies, here defined as being the region immediately seaward of the surf zone where waves normally or frequently agitate the bed, practically inexistent. Bathymetric, grain size, morphologic and hydrodynamic data was used in this work to characterize the inner shelf in a 350 km<sup>2</sup> area on the central coast of Paraná. Bathymetric data indicates gentle gradients: from the shore to 7 m water depth it is 1/65, from 7 to 12 m water depth it is 1/300 and from 12 to 15 m water depth it is 1/700. Palimpsestic deposits are also present and interfere in the bathymetric pattern. Grain size distribution is controlled by the dynamic and the geological local history. Five different grain size patterns classified as very fine sand to coarse sand was described. The bedforms indicate uni or bi-directional regime flows, generated by waves preferentially from NE and SE quadrants. The magnitude of this bedforms is directly proportional to the grain size. The sedimentary structures indicate an environment controlled by episodically high-energy events that interact with bottom sediments. Another kind of sediment with 10 to 40% silt and clay rates was found between 8 to 10 meter water depths. It was deposited in low energy conditions and, by cohesive properties, resists the action of wave-generated currents. The cores show the vertical variability of the inner shelf deposits and frequently present normal gradation. The Depth of Closure ( $D_c$ ) was established near the 10 m isobath and the adoption of a Sector of Closure ( $S_c$ ) between the 9 and 11 isobaths was suggested in this work, due to the mobile nature of local hydrodynamics. Pleistocenic sediments occurrence 30 cm below the substrate, indicates that the sediment supply is lower in the inner shelf compared with the adjacent coastal plain. The beachrocks founded on five different depths indicates ancient sea level stabilizations and will help to determine the Holocene sea level curve to this area. These studies aloud to classify the inner shelf of Paraná central coast as a storm dominated environment.

**Keywords:** marine geology, equilibrium profile, beachrocks.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. A IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS DA PLATAFORMA INTERNA

A ocupação crescente da faixa litorânea do estado do Paraná e a necessidade de criação de alternativas econômicas para a população, têm causado um incremento no interesse pelos recursos marinhos assim como uma grande valorização e exploração imobiliária da orla marítima (LIMA *et al.*, 1998).

Todavia, as obras realizadas para suportar a crescente ocupação urbana têm sofrido danos constantes causados pelas variações da dinâmica costeira. Os prejuízos materiais decorrentes da erosão são bastante elevados e frequentemente poderiam ser evitados se medidas simples de prevenção tivessem sido tomadas (ANGULO & SOUZA, 1998).

Várias tentativas de criações controladas de mexilhões, vieiras, ostras e camarões, têm obtido sucesso em melhorar a qualidade de vida e a renda de comunidades litorâneas (MARENZI, 2004). A instalação de estruturas artificiais submersas (recifes artificiais marinhos) tem obtido bons resultados na criação de novos habitats para populações de peixes em regiões submersas rasas arenosas (BRANDINI *et al.*, 2003) Estas técnicas e pesquisas mostram que há uma fonte de recursos disponíveis para as populações litorâneas ainda pouco exploradas e com grande potencial para contribuir com o desenvolvimento sustentável de comunidades costeiras.

A interação entre plataforma rasa e o ambiente praial é reconhecida e considerada importante por vários autores ( BRUUN, 1962, 1983; SCHWARTZ, 1967; DEAN, 1991; PILKEY, 1993 ). A importância do conhecimento da plataforma rasa na evolução de setores costeiros vem crescendo nas últimas duas décadas. Estudos sobre evolução de barreiras em escala de milênios, têm que considerar o conhecimento detalhado desta região. Em menor escala de tempo, estudos relacionados a acreção e erosão de praias, devem considerar a modelagem da dinâmica do ambiente de plataforma rasa. Projetos de alimentação artificial de praias ou exploração de jazidas submersas de areia também necessitam embasar-se em estudos aprofundados sobre a dinâmica do ambiente de plataforma rasa, sem os quais, danos consideráveis podem ser desencadeados nos setores costeiros adjacentes (GRUBER, 2002).

Para que projetos desta natureza obtenham sucesso, é fundamental o estudo de áreas submersas rasas próximas à costa, muito pouco conhecidas em escala de

detalhe na costa paranaense. Com esse intuito foi escolhida a área de estudo deste trabalho na plataforma continental interna rasa paranaense. Mais precisamente na porção da plataforma interna que vai da parte posterior da zona de surfe até a profundidade em que as ondas conseguem retrabalhar o fundo significativamente.

## 1.2. OBJETIVOS

O objetivo do estudo é caracterizar a sedimentologia, a morfologia e a dinâmica da plataforma continental interna rasa do litoral do estado do Paraná entre Pontal do Sul e Matinhos, sendo os objetivos específicos:

- a) determinar as características dos sedimentos e gerar mapas dos parâmetros granulométricos analisados,
- b) caracterizar as formas de leito,
- c) descrever e interpretar as estruturas sedimentares presentes nos primeiros 20 cm abaixo do leito marinho,
- d) determinar a profundidade de fechamento do perfil da plataforma interna rasa,
- e) compreender a estratigrafia do substrato,
- f) obter imagens do fundo para compará-las com as informações obtidas com as análises de sedimentos,
- g) investigar a ocorrência de recifes de arenito submersos determinando sua gênese, composição e idade para relacioná-los com níveis marinhos pretéritos.

## 1.3. LOCALIZAÇÃO

A área abrange a plataforma continental interna rasa do litoral do estado do Paraná, em frente à costa compreendida entre o Pontal do Sul e a Ponta de Matinhos num trecho de aproximadamente 32 km. É delimitada mar afora por uma linha paralela à costa limitada pelo Arquipélago de Currais totalizando uma área aproximada de 350 km<sup>2</sup> ( figura 1.3.1). As principais rodovias de acesso a partir de Curitiba são: BR 277 Curitiba-Paranaguá e a partir desta pela PR-407 até Praia de Leste e Matinhos e pela PR-412 para Pontal do Sul.

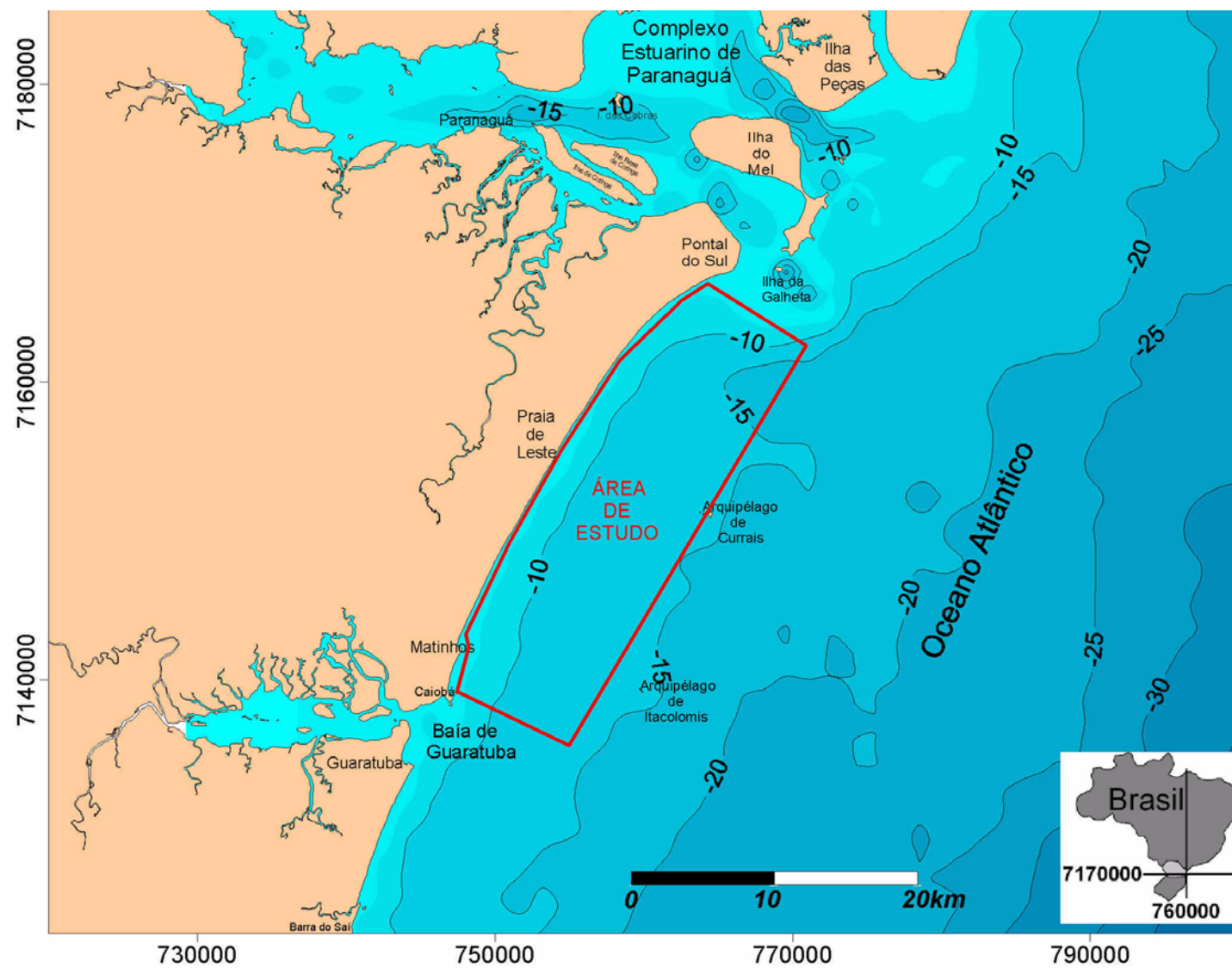


Figura 1.3.1 - Localização da área de estudo.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. A NOMENCLATURA ADOTADA

A nomenclatura e os critérios de divisão e subdivisão de um perfil costeiro já foram motivo de discussão entre diversos autores e não é o objetivo deste trabalho aprofundar esta discussão. Porém, é necessário definir a área de estudo, situada entre a parte posterior da zona de surfe até os 15 m de profundidade na plataforma continental interna, de acordo com a nomenclatura presente na literatura e, para isso, algumas considerações são feitas a seguir.

ANGULO (1996) propõe o termo *face litorânea* como sinônimo de *shoreface* estendendo-se desde o nível médio de maré baixa até o limite de interação das ondas de bom tempo com o fundo. De acordo com TESSLER & MAHIQUES (2000) a região de estudo seria chamada de antepraia iniciando após a zona de surfe estendendo-se mar afora até o limite interno da plataforma continental interna, coincidindo com a definição de *shoreface* descrita por WALKER & PLINT (1992) que cita ainda que a profundidade de ação das ondas de bom tempo varia de 5 a 15 m dependendo do clima geral de ondas a que a bacia está sujeita. O limite externo da antepraia tem sido motivo de discussão frequente entre vários autores. GRUBER (2002) indica o fechamento da antepraia entre 15 e 20 m de profundidade para a região de Tramandaí (Rio Grande do Sul). Como a dinâmica dos ambientes é muito semelhante, adota-se neste trabalho o termo **plataforma interna** para este setor costeiro de acordo o sugerido por WRIGHT (1995). Situa-se entre a zona de surfe e a profundidade de alcance dos movimentos orbitais das ondas de bom tempo, sendo portanto, uma região delimitada por mecanismos hidrodinâmicos, cuja extensão depende diretamente do clima de ondas (WALKER & PLINT, 1992).

### 2.2. O CONCEITO DE EQUILÍBRIO EM PLATAFORMAS CONTINENTAIS

Segundo SWIFT & THORNE (1991), apesar da superfície das plataformas estar sujeita a complexas variações nas condições hidráulicas em períodos de tempo relativamente curtos, podem ser vistas como uma superfície de equilíbrio dinâmico, controlada por variáveis presentes nos processos deposicionais. A relação entre a taxa de suprimento de material ( $Q$ ) e a força do fluído ( $P$ ) disponível para removê-lo ( $Q/P$ ) é particularmente importante. Se  $P$  é tomado como poder da velocidade do fluído ( $\text{Newton} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ), e suprimento de sedimento ( $Q$ ) considera a força necessária para provê-lo por unidade de comprimento da costa (também em

Newton.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>), então Q/P torna-se um valor adimensional que pode ser descrito como *índice de suprimento de sedimentos (sediment supply index)*. Modelos numéricos mostram que o acúmulo de sedimentos em margens continentais cresce para o lado da base de ondas, a profundidade onde, de acordo com o tempo, existe suficiente poder de fluído (P) para transportar sedimento, a uma dada taxa de suprimento (Q). A superfície se inclina para o lado do mar mais pronunciadamente na plataforma interna (cerca de 1°) e menos na plataforma externa (uma fração de grau). O perfil de aprofundamento é em parte um ajuste da perda de energia progressiva da interação ondas/fundo à medida que se propaga em direção a terra. No entanto, em plataformas construtivas, a profundidade está principalmente relacionada ao suprimento de sedimentos. A profundidade de equilíbrio é mais rasa perto da costa devido ao maior suprimento de sedimentos, esta tendência é válida antes que a energia de ondas seja suficiente para transportar ao longo da costa a mesma quantidade de material suprido (figura 2.2.1) (SWIFT & THORNE, 1991).

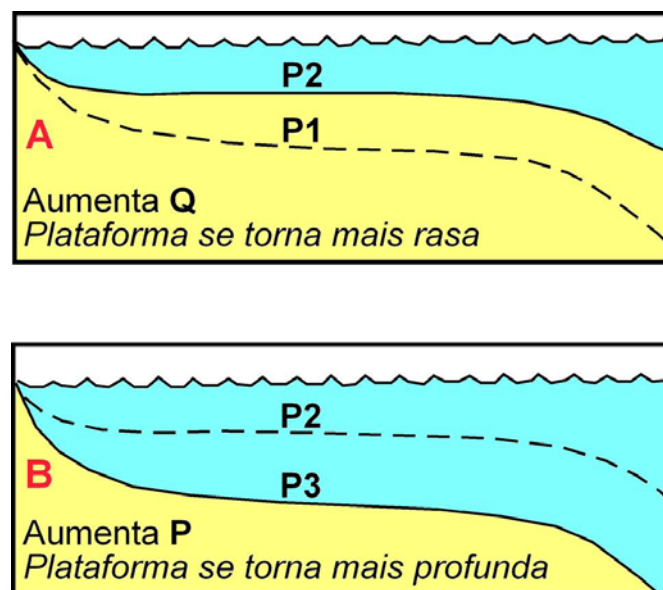


Figura 2.2.1 - Exemplo das relações entre as variáveis Q e P no perfil da plataforma continental. A - Um aumento no suprimento de sedimentos (Q) pode tornar o perfil da plataforma mais raso. B - Um aumento no transporte de sedimentos (P) pode torná-lo mais profundo (modificado de SWIFT & THORNE, 1991).

Durante o desenvolvimento destes processos, o prisma de acreção de sedimentos na plataforma continental desloca-se mar afora até uma região onde dominam processos gravitacionais (talude continental) e, à medida que esta morfologia evolui, um padrão clinoforme de isócronas, típico de margem continental,

se desenvolve no interior da pilha de sedimentos (figura 2.2.2) (SWIFT & THORNE, 1991).

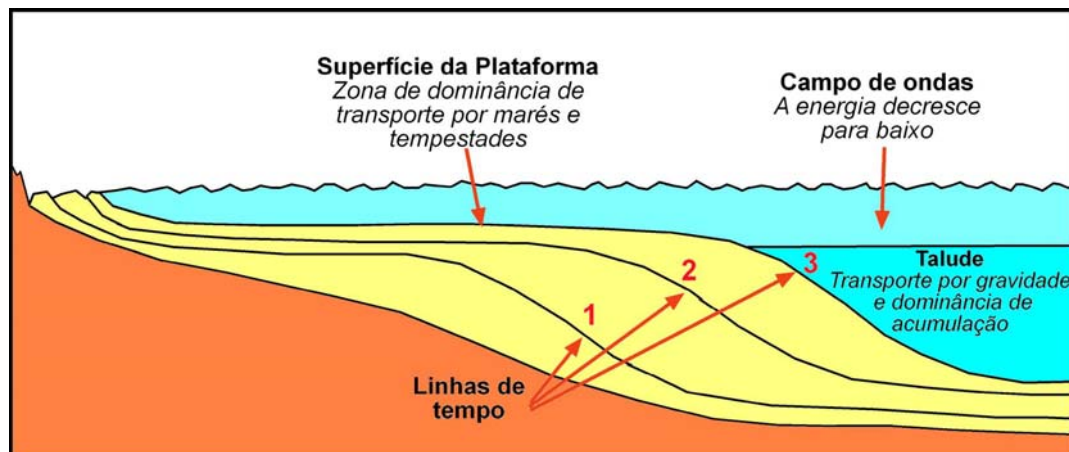


Figura 2.2.2 – Forma dos depósitos de acreção de sedimentos em margem continental com números indicando as sucessivas posições da superfície deposicional (Modificado de SWIFT & THORNE, 1991).

Em um modelo mais realístico, o prisma de sedimentos da margem continental não acumula depois que a margem subside mas enquanto esta subside. Assim, as características do perfil se manterão estáveis até que uma variável geológica importante se altere, criando uma nova superfície de equilíbrio. Estas variáveis variam frequentemente. Portanto, plataformas maduras são constituídas de múltiplas sequências deposicionais. Mudanças na sedimentação não são exemplos de desequilíbrio mas sim respostas homeostáticas do regime deposicional, no qual o equilíbrio é mantido através do ajuste das variáveis envolvidas (SWIFT & THORNE, 1991).

### 2.3. O MODELO DE BRUUN

Os conceitos formulados por BRUUN (1962), foram primeiramente definidos como regra por SCHWARTZ (1967). A teoria define a movimentação litoral/costa afora de material em resposta à subida do nível relativo do mar (NRM). Assume a existência de um sistema fechado de balanço de material entre: 1) a praia e a plataforma interna e 2) o perfil do fundo da plataforma interna e a plataforma externa. Segundo a regra proposta, a translação de um perfil de praia por uma distância  $s$  devido a um aumento do NRM  $a$ , causaria a erosão da costa e a deposição de sedimentos ao longo do perfil da plataforma equivalente em espessura

ao aumento do NRM  $a$  para obtenção de novo equilíbrio do perfil.(BRUUN, 1988) (figura 2.3.1).

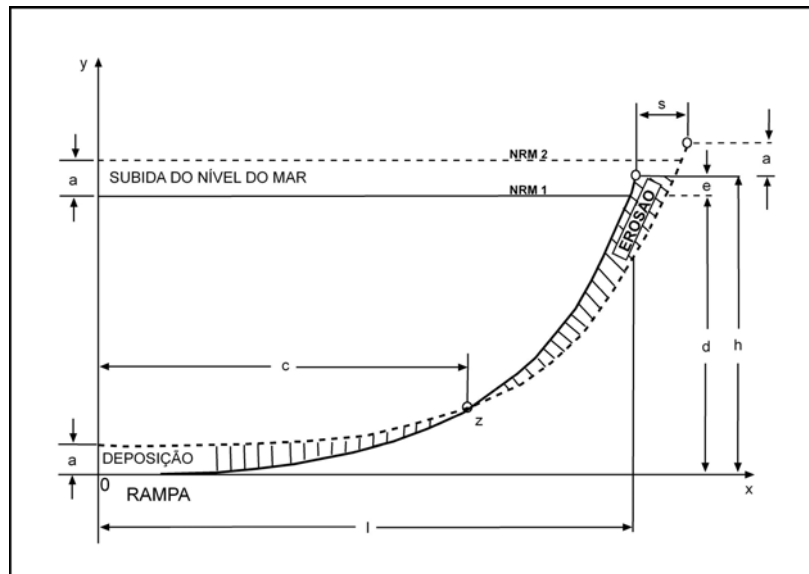


Figura 2.3.1 - A Regra de Bruun - translação da praia  $s$  imposta por um aumento do NRM  $a$  resultando em deposição de sedimentos ao longo do perfil com espessura  $a$  para atingir novo equilíbrio (modificado de BRUNN, 1983).

BRUUN (1983) enfatiza o caráter bi-dimensional do modelo, afirmando que a aplicação indiscriminada da regra em obras de engenharia costeira poderia causar problemas. O modelo proposto parece ter uma validade geral mas, sendo bi-dimensional, cuidados devem ser tomados na sua aplicação.

Apesar do uso da regra de BRUUN, PILKEY *et al.* (1993) questionam a validade do conceito para aplicação em engenharia costeira. Os autores afirmam que o perfil de equilíbrio da plataforma é conceitualmente baseado em algumas premissas: 1) a constituição litológica do substrato não representa um papel importante na determinação da forma do perfil; 2) a movimentação de sedimentos na plataforma ocorre apenas pela interação dos movimentos orbitais das ondas com o fundo; fluxos de corrente unidirecionais não são computados; 3) não considera padrões de movimento de sedimentos significativos costa afora ou a profundidade máxima onde ocorre transporte significativo de sedimentos, o chamado fechamento do perfil (*closure depth* -  $D_c$ ). Utilizar a equação de equilíbrio do perfil da plataforma implicaria em assumir que: 1) barras presentes na plataforma interna não teriam influência importante no transporte de sedimentos; 2) o tamanho do grão seria a única variável determinante da variabilidade da forma do perfil da plataforma interna;

3) o sistema de transporte de sedimentos na plataforma interna é bi-dimensional; 4) todas as plataformas do mundo podem ser descritas por uma única equação que considera somente o tamanho do grão como variável. Fenômenos oceanográficos e geológicos bem documentados mostram que todas essas premissas falham quando utilizadas para estudar o ambiente natural. PILKEY *et al.* (1993) afirmam ainda que é fundamental um reexame nos métodos que determinam a evolução de sistemas em costas abertas pois são baseados em premissas oceanográficas e geológicas falsas.

## 2.4. AS VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR

As variações do nível relativo do mar (NRM) influenciam fortemente o sistema deposicional de plataformas, alterando o perfil de equilíbrio e causando mudanças na posição da linha de costa. As variações climáticas, relacionadas a períodos glaciais e interglaciais, têm reflexo marcante não apenas no volume de água armazenada nas bacias oceânicas, mas também em grandes modificações nos sistemas de circulação oceânica (SWIFT & THORNE, 1991).

As variações glacio-eustáticas associadas aos ciclos de Milankovich, de 21.000, 40.000 e 100.000 anos antes do presente (A.P.), dominaram a variação do NRM (HAYES *et al.*, 1976). O último evento glacial de alcance global teve seu máximo a cerca de 18.000 anos e o aprisionamento de água nas calotas de gelo ocasionou um abaixamento do NRM de até 120 metros. Consequentemente, grande parte das áreas que formam as plataformas continentais atuais encontravam-se emersas, submetidas a condições ambientais completamente diferentes das atuais e a maioria dos grandes rios descarregava sedimentos diretamente no talude. A maioria das plataformas continentais internas atuais encontra-se submersa a menos de 10.000 anos A. P. (WRIGHT, 1995).

## 2.5. OS PADRÕES DE FÁCIES EM PLATAFORMAS CONTINENTAIS

Apesar da variabilidade de padrões de deposição de sedimentos causados por fatores como herança geológica, variações do nível do mar, balanço de sedimentos e do registro geológico resultante destas variações em plataformas rasas ser bastante complexo, alguns conceitos teóricos básicos sobre padrões de fácies devem ser aqui abordados.

### 2.5.1. O CONCEITO DE SELEÇÃO PROGRESSIVA

Autores como EMERY (1968), ALLEN (1970), McLAREN & BOWLES (1985), SWIFT & THORNE (1991), WALKER & PLINT (1992), WRIGHT (1995), KOMAR (1998), entre outros, descrevem modelos teóricos de sedimentação em plataformas em que um padrão de granodecrescência em direção ao mais profundo predomina. Os autores baseiam-se na premissa de que ao longo do transporte, o material deve tornar-se mais fino e melhor selecionado, e que a capacidade do fluxo em suspender e transportar uma partícula em margens continentais é inversamente proporcional à profundidade do perfil por causa da diminuição do atrito das ondas com o fundo.

O efeito da seleção progressiva na distribuição da granulação em plataformas foi modelado por SWIFT *et al.* (1972) como um processo de Markov. O modelo de Markov é análogo a uma máquina de *Pinball* pela qual uma partícula de material pode passar. Para simular a seleção progressiva é necessário considerar uma família de dez matrizes de transição, cada uma com uma classe de meio  $\phi$ . A figura 2.5.1.1A mostra um perfil de plataforma com nove estações onde a primeira é, segundo o modelo de Markov, a estação inicial e as outras 8 estações de transição. As estações 1 a 9 são unidades de volume pela qual o sedimento pode entrar ou sair. As estações 10 a 19 seriam as armadilhas onde as partículas podem entrar mas não podem sair (figura 2.5.1.1B), sendo o equivalente a uma partícula depositada em local de soterramento permanente, ficando ali permanentemente armazenada. A provável distribuição das classes granulométricas nas estações computadas em uma dada população de distribuição normal é apresentada na figura 2.5.1.1C. O sedimento depositado ao longo do perfil torna-se mais fino e melhor selecionado ao longo do fluxo de transporte, ao passo em que as partículas mais grossas vão sendo aprisionadas. O resultado da computação dos dados mostra uma queda progressiva no tamanho médio do grão e no desvio padrão ao longo do processo de dispersão do sedimento perfil abaixo (figura 2.5.1.1D) (SWIFT & THORNE, 1991).

É importante frisar que este é um modelo teórico ideal que não leva em consideração vários processos presentes na natureza que influem na distribuição de sedimentos ao longo de um perfil de plataforma continental. Some-se a isto a herança geológica, as correntes de transporte longitudinal, as variações do nível do mar, a presença de sedimentos relictos e ter-se-á um ambiente natural muito difícil de modelar (PILKEY *et al.* 1993).

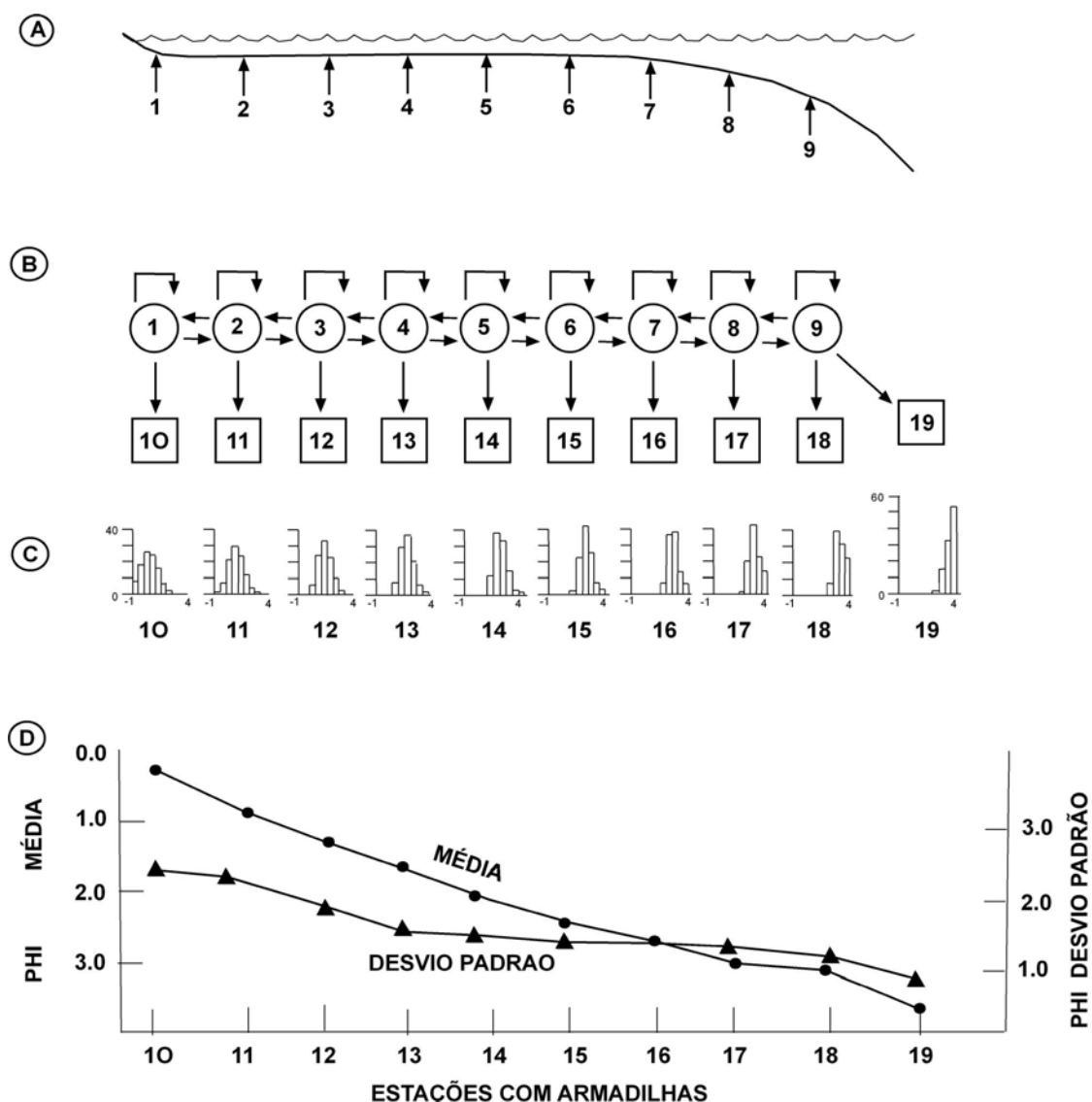


Figura 2.5.1.1 - Modelo de Markov para seleção progressiva. A) Perfil da plataforma com nove estações. B) A chave de Markov consiste em estações de transição (círculos), estações armadilhas (quadrados) e os caminhos de transição. C) Distribuição de frequência da tamanho médio dos grãos limite para cada estação de aprisionamento. D) Variação da média e desvio padrão dos dados computados (modificado de SWIFT *et al.*, 1972).

## 2.5.2. O FLUXO E ESTRATIFICAÇÃO EM PLATAFORMAS

Na plataforma interna, em geral, o registro sedimentar reflete a ocorrência episódica de correntes geradas por tempestades. Mesmo em poucos locais onde a força de marés pode ser importante, o caráter episódico se mantém, ainda que com mais frequência (SWIFT *et al.*, 1986). Devido à natureza episódica, depósitos em

plataformas tendem a ser estratificados, mesmo que a estratificação possa ser apagada posteriormente por bioturbação (SWIFT & THORNE, 1991).

A maneira com que as correntes marinhas rasas criam episódios de estratificação pode ser exemplificada durante a passagem de uma tempestade, durante a qual a velocidade da corrente aumenta causando a máxima erosão do fundo no ápice de energia do sistema. À medida que a energia diminui, o leito é recomposto pela deposição dos sedimentos. A camada sedimentar resultante apresentaria uma superfície de inconformidade que seria o registro do máximo erosivo e uma camada gradacional acima que seria o registro da diminuição progressiva na energia do fluxo (figura 2.5.2.1).

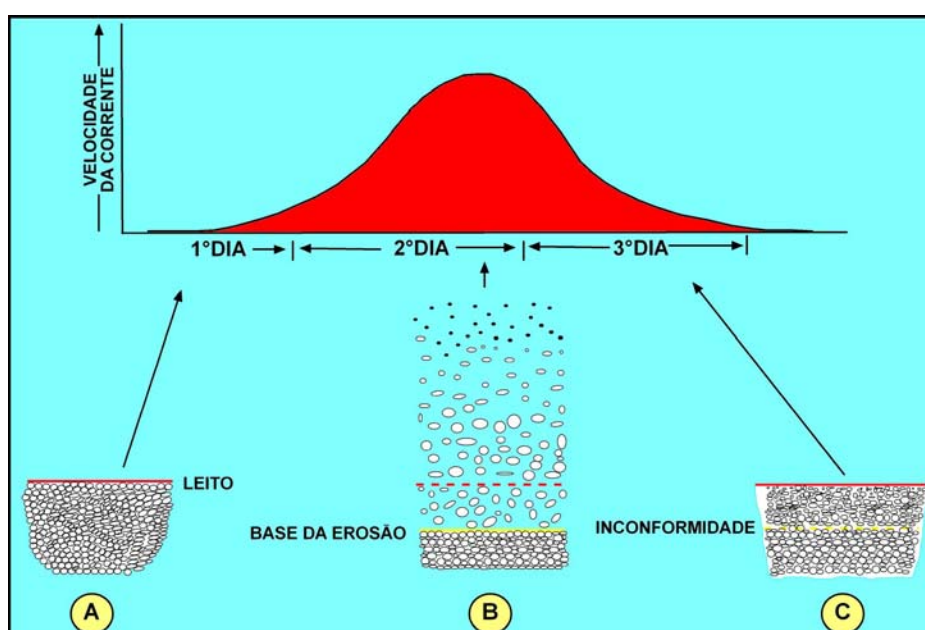


Figura 2.5.2.1 - Modelo de deposição durante evento de tempestade. A - Depósito inicial. B - com aumento da corrente, o leito é erodido e o material em suspensão é transportado pelo fluído junto ao fundo. C - Com a diminuição da energia o sedimento redeposita como camada gradacional. A inconformidade indica a base de erosão das correntes durante o máximo de energia do ambiente (modificado de NIEDORODA *et al.*, 1989).

Assim sendo, pode-se definir como mostra a figura 2.5.2.2, que a zona de mistura sujeita a retrabalhamento do leito é a "cabeça de gravação" de um gravador cuja fita conteria registradas as camadas existentes na zona de soterramento permanente (NITTROUER & STERNBERG, 1981).



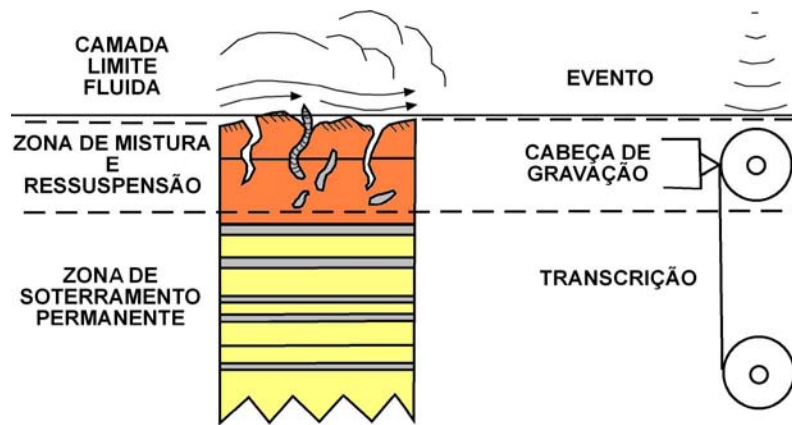


Figura 2.5.2.2 - Esquema da zona de mistura e bioturbação sobre a camada de soterramento permanente que conteria o registro gravado na fita da história da deposição das camadas (modificado de NITTROUER & STERNBERG, 1981).

Portanto, em plataformas dominadas por ondas onde há suprimento de sedimentos para o sistema, o registro sedimentar é composto por uma sucessão de camadas estratificadas de variada espessura, intermeadas por inconformidades erosivas criadas durante os sucessivos eventos de maior energia. As variáveis controladoras da espessura das camadas depositadas são a taxa de sedimentação e a capacidade de retrabalhamento. Em um ambiente com alta taxa de sedimentação e baixo poder de retrabalhamento, a canibalização das camadas inferiores seria bem menor que em um ambiente com baixa taxa de sedimentação e alto poder de retrabalhamento (SWIFT & THORNE, 1991). Os estratos podem variar de menos que um centímetro (INGRAM, 1954) até mais que 3 metros de espessura. Estratos menores que 1 metro seriam geralmente estratos episódicos (SEILACHER, 1982), e estratos maiores estariam relacionados às lentas mudanças no ambiente deposicional em resposta às variações nos processos estratigráficos (litofácies e sistemas deposicionais) (FISHER & MCGOWEN, 1967).

A representação de estratos sedimentares característicos da plataforma interna Atlântica da América do Norte pode ser observada nos desenhos confeccionados a partir de *box-corers*, bem como um diagrama das relações entre o tipo de estrato e a estrutura formada em função da energia do fluido (figura 2.5.2.3).  $U^\circ$  sendo componente da máxima velocidade do orbital de onda e  $U$  a componente da média da velocidade (SWIFT *et al.*, 1991).

Os sedimentos mais grossos estariam sendo transportados enquanto as camadas se acumulam, portanto as estruturas internas refletiriam a migração das

formas de fundo. Os estratos residuais são enriquecidos por fragmentos de conchas (pontilhados). Estratos gradacionais e *hummocky* estão presentes em granulações mais finas, transportadas principalmente por suspensão, e a estrutura interna das camadas vai depender do índice da força de ondas. A sequência vertical de estruturas primárias vai tender a *hummocky* quanto maior for o índice de força de onda e para gradacional quanto menor o seja (SWIFT *et al.*, 1991).

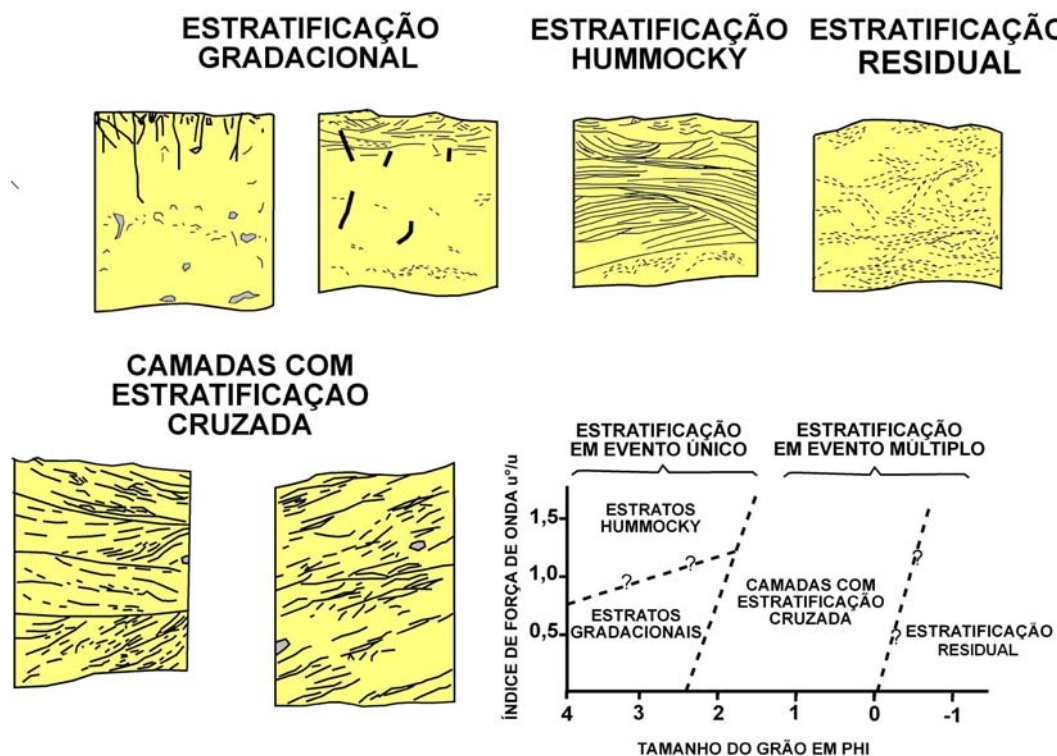


Figura 2.5.2.3 - Representações de *box-corer*s e diagrama representando as relações entre a granulação e o índice de força de onda na costa Atlântica da América do Norte (modificado de SWIFT *et al.*, 1991).

## 2.6. OS SEDIMENTOS

O primeiro modelo conceitual moderno a classificar os sedimentos das plataformas foi proposto por EMERY (1968) tendo como parâmetro principal à gênese do material:

- autigênicos - formados por precipitação química (glauconita, fosforita).
- orgânicos - derivados de carapaças de foraminíferos, algas calcáreas, etc.
- residuais - resultado da erosão da rocha e/ou depósito sedimentar sobrejacente.
- reliquiais - remanescente de depósitos de um ambiente de sedimentação anterior.

- detríticos - sedimentos recentes fornecidos pelos rios, erosão de falésias, ventos e atividade glacial.

Segundo o referido autor, 70% das plataformas continentais atuais estariam encobertas por depósitos reliquiais.

Posteriormente os sedimentos reliquiais foram subdivididos. Aqueles que sofreram retrabalhamento foram chamados de sedimentos palimpsésticos por apresentarem características do ambiente atual de sedimentação e do ambiente pretérito no qual foram depositados (SWIFT *et al.*, 1971).

Os sedimentos mais abundantes presentes nas plataformas continentais são os detríticos, transportados para o oceano pelas correntes fluviais e como produto da erosão costeira causada por ondas (SEIBOLD & BERGER, 1993). Atualmente, a erosão de costões contribui com apenas 0,04% do material transportado para os oceanos pelos rios (EMERY & MILLIMAN, 1978; *apud* PETHICK, 1984). Estes números podem ter sido muito diferentes durante o máximo da glaciação Pleistocênica (PETHICK, 1984).

Estimativas feitas em escala global sugerem que o volume de material em suspensão anualmente descarregados nos oceanos seja de 12 km<sup>3</sup>. Sedimentos terrígenos grossos também podem ser eventualmente encontrados nas bacias oceânicas em altas e médias latitudes, com origem associada à deriva de *icebergs* contendo fragmentos rochosos no seu interior (SEIBOLD & BERGER, 1993).

Os material que aporta no oceano pode ser ainda proveniente do transporte pelo vento (argilas vermelhas) e pela atividade vulcânica (SEIBOLD & BERGER, 1993).

## 2.7. O BALANÇO SEDIMENTAR

O balanço sedimentar litorâneo pode ser expresso pela diferença no crédito e no débito de sedimentos, o que determinará se haverá acreção ou erosão na linha de costa ou seja, balanço negativo ou positivo, considerando-se o nível do mar estável (KOMAR, 1998) (figura 2.7.1).

Para que ocorra, nas plataformas interna e externa, acréscimo de sedimentos provenientes da costa, é necessário que estes ultrapassem a cerca de energia costeira (*littoral energy fence*) proposta por ALLEN (1970). Segundo este autor, isto ocorre principalmente de três formas:

- pelo recuo da linha de costa durante eventos transgressivos.

- por fluxos de vazante em desembocaduras fluviais e estuarinas.
- por fortes correntes de retorno geradas por tempestades

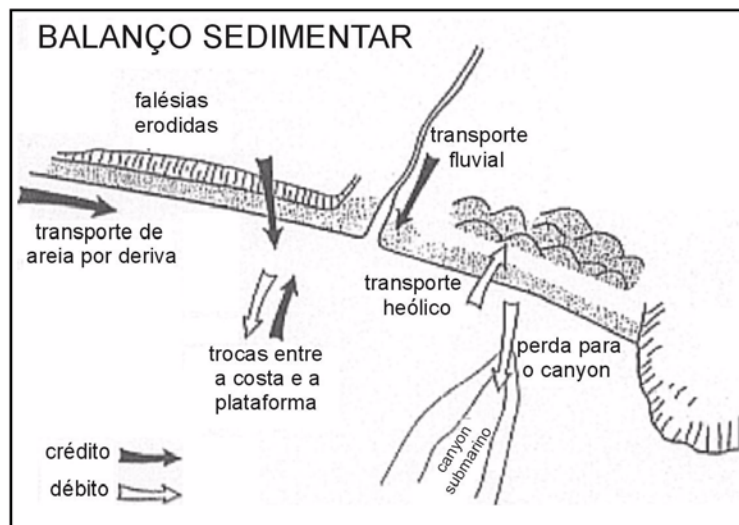


Figura 2.7.1 - Principais componentes envolvidos na determinação do balanço sedimentar (Modificado de KOMAR, 1998).

Qualquer alteração significativa em uma das variáveis que compõe o balanço sedimentar como, por exemplo, o represamento de um rio, pode interromper o suprimento sedimentar para a costa, causando um desequilíbrio no balanço, desencadeando processos erosivos irreversíveis em áreas costeiras (KOMAR, 1998). A construção da represa Akosombo no Rio Volta (Gana-África) bloqueou 99,5% da área de drenagem do rio, causando erosão da linha de costa em larga escala (LY, 1980, *in*: KOMAR, 1998).

## 2.8. AS CORRENTES

A magnitude das correntes de deriva geradas por ondas dependem da sua altura e do ângulo de incidência dos trens de ondas em relação à linha de costa (PETHICK, 1984). O fenômeno de refração, gerado pelo atrito das ondulações com o fundo, interfere no ângulo de incidência dos trens, que tendem a ser paralelos à linha de costa à medida em que se aproximam de águas rasas. São grandes agentes de transporte e retrabalhamento dos sedimentos, principalmente na zona de surfe, onde há grande quantidade de partículas em suspensão.

Sendo diretamente dependentes do regime de ondas, essas correntes podem sofrer grandes variações, podendo ter seu sentido invertido ou, até mesmo, desaparecerem por determinados períodos. Porém, observa-se sempre um sentido preferencial, que atua com maior intensidade em um trecho específico da costa.

Quando a incidência de trens de ondas é paralela à linha de costa ou com obliquidade de baixo ângulo, ocorre a formação de correntes de retorno (*rip currents*), formadas pelo escoamento do volume de água incidente sobre a costa (figura 2.8.1). Em casos de correntes de retorno muito fortes, geradas por grandes tempestades, pode haver transporte de sedimentos costa-afora chegando a atingir profundidades onde não poderão ser retrabalhados e devolvidos ao ambiente praiar, ficando incorporados à plataforma continental (KOMAR,1998).

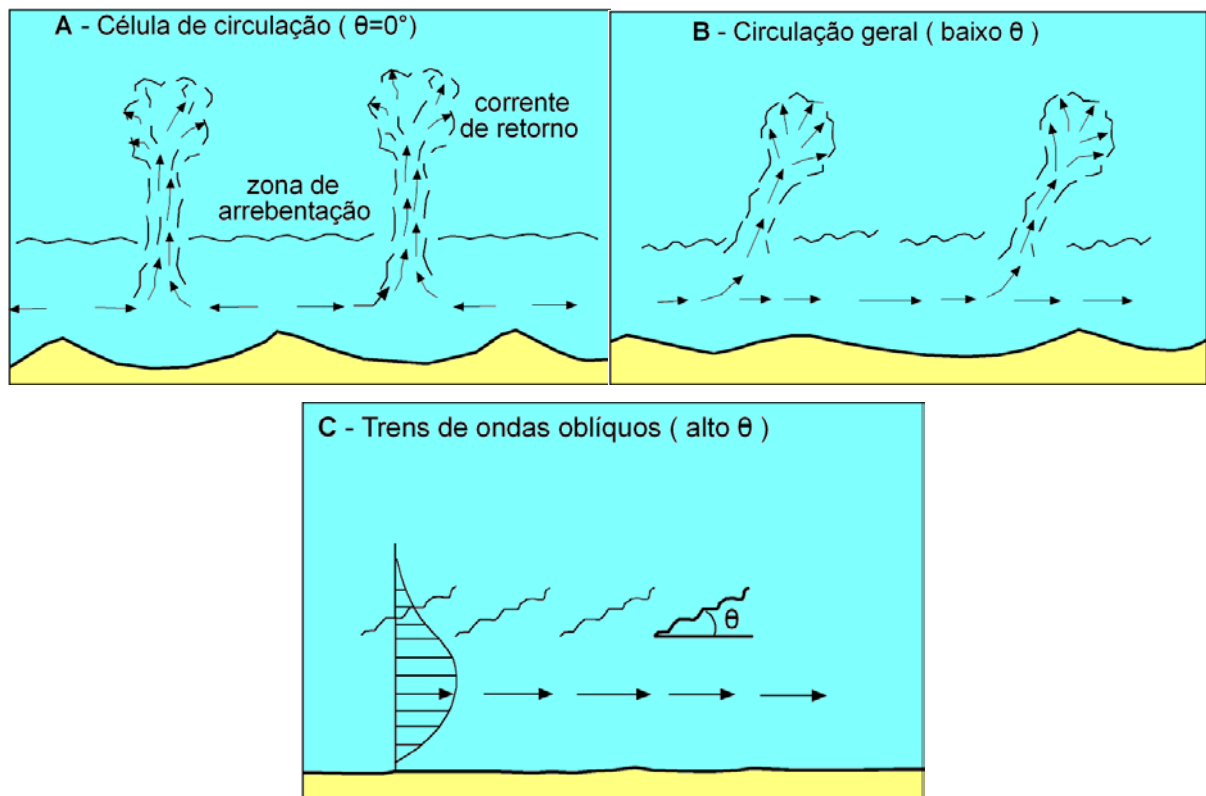


Figura 2.8.1 - Representação da correlação entre o ângulo de incidência (  $\theta$  ) dos trens de onda e a corrente resultante. A - Trens paralelos à costa tendem a desenvolver células de circulação dominadas pelas correntes de retorno (  $\theta = 0^\circ$  ). B - Com o aumento do ângulo  $\theta$  as células inclinam-se. C - Trens oblíquos formam correntes paralelas à linha de costa ou de deriva litorânea (modificado de SWIFT & THORNE, 1991).

Pode-se ainda mencionar as correntes oceânicas, de marés e de densidade (variações na salinidade e temperatura), como agentes dinâmicos importantes operando em ambientes de águas marinhas rasas (KOMAR,1998).

O blocodiagrama da figura 2.8.2A proposto por SWIFT & THORNE (1991) mostra a interrelação entre as correntes, o transporte e a deposição de sedimentos em uma costa sem a presença de rios importantes. Durante tempestades, com

incidência de trens de onda paralelos à costa, as correntes de retorno formadas na zona de surfe carregam material em suspensão até o alcance das correntes de plataforma que se movem para baixo e para costa afora (*downwelling*). Nesta situação o material é transportado obliquamente ao longo da plataforma interna. Segundo os autores, a dispersão de sedimentos resultante apresentaria uma diminuição no tamanho médio do grão e uma seleção progressiva (figura 2.8.2B).

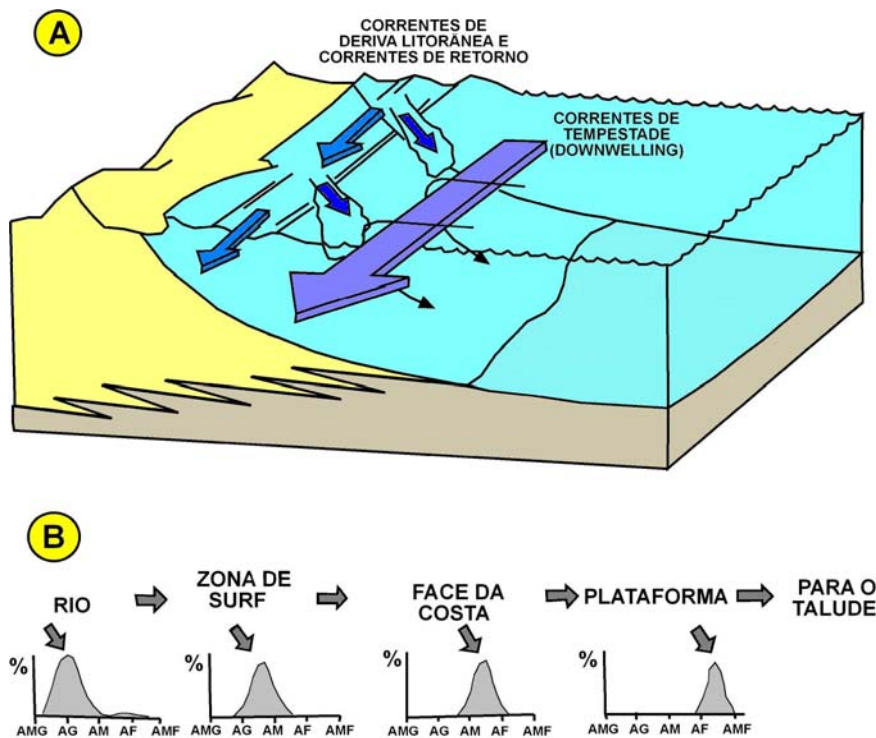


Figura 2.8.2 - Interrelação entre as correntes, o transporte e a deposição de sedimentos em uma costa sem a presença de rios importantes. A - diagrama de mecanismos dinâmicos básicos. B - diagrama esquemático do sistema de dispersão de sedimentos ilustrando a diminuição do diâmetro médio e a seleção progressiva fluxo abaixo (AMG=areia muito grossa; AG=areia grossa; AM=areia média; AF=areia fina; AMF=areia muito fina) (modificado de SWIFT & THORNE, 1991).

## 2.9. ONDAS

As costas dominadas por ondas são, caracteristicamente, muito dinâmicas. A configuração do fundo arenoso sob águas pouco profundas, é constantemente alterada pelas variações na intensidade de energia das ondas, seu comprimento, frequência e ângulo de incidência com a linha de costa (SWIFT, 1976).



A interação dos movimentos oscilatórios das águas causados pelas ondas com os sedimentos do fundo, geralmente restringe-se entre os 5 e 15 m de profundidade em períodos de bom tempo, porém, a ação de ondas de tempestade pode afetar regiões muito mais profundas (WALKER & PLINT, 1992). Segundo GORSLINE & SWIFT (1977) in: DAVIS (1983), a profundidade de atuação das ondas seria igual à metade do comprimento das mesmas e, a profundidade de retrabalhamento do fundo se restringiria a cerca de 10 cm abaixo do leito marinho.

O movimento oscilatório das ondas não parece ser o principal responsável pelo transporte de material mas, colocando-os em suspensão na coluna d'água, permite o seu transporte por correntes. Produz ainda o retrabalhamento do fundo e alterando a textura previamente existente (DAVIS,1983). Ao aproximar-se de águas rasas as ondas começam a sofrer uma gradual refração causada pelo atrito da elipse de circulação de água com o fundo (PETHICK,1984). Este fenômeno faz com que haja uma deformação na elipse, causando um "atraso" da parte inferior com relação a parte superior (figura 2.9.1A). A interação das ondas com o substrato arenoso provoca a formação de formas de leito (figura 2.9.1B) (CLIFTON,1976).

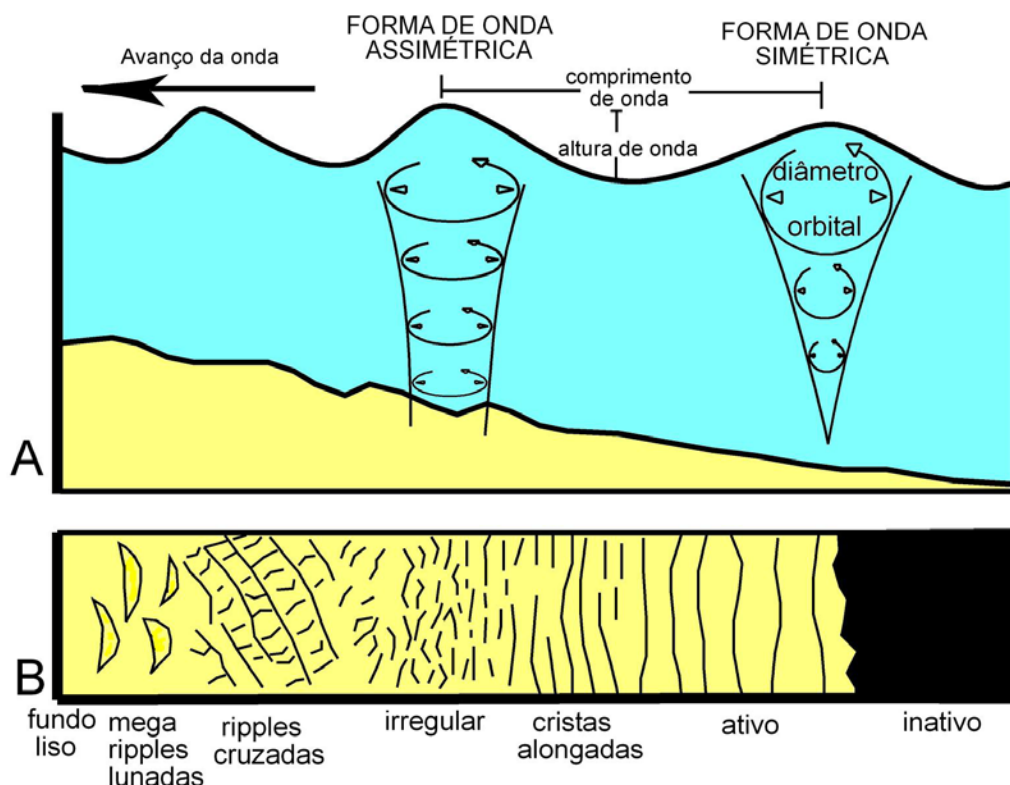


Figura 2.9.1 - Perfil e mapa ilustrando como os movimentos circulares simétricos e assimétricos das ondas podem afetar as formas de fundo. A - Movimentos circulares em águas profundas correspondem a formas de ondas simétricas.

Movendo-se em direção à costa, tornam-se assimétricas com movimentos elípticos que tocam o fundo, transportando sedimentos para ambos os lados. B - Diagrama correspondente ao perfil mostrando as formas de fundo associadas à ação das ondas (modificado de CLIFTON, 1976).

## 2.10. A INTERAÇÃO DAS ONDAS COM O FUNDO

Segundo LESSA (2000), formas de leito são marcas onduladas produzidas pela ação de correntes uni ou bidirecionais sobre superfícies compostas por sedimentos não coesivos (embora haja ocorrência destas estruturas em sedimentos lamosos). Assim como qualquer ondulação, elas podem ser descritas geometricamente por seu comprimento e altura. Formas de leito associadas a correntes unidirecionais, devido ao seu aspecto assimétrico, apresentam ainda a diferenciação de duas faces distintas: face de deslizamento ou frontal (*lee side*) - é o lado mais íngreme da marca de ondulada, que aponta no sentido da corrente predominante. Deve-se observá-lo segundo um corte transversal ao maior comprimento da marca de onda; face de transporte ou dorsal (*stoss side*) - é o lado mais suave da marca de onda, aponta para o sentido contrário da corrente e deve ser observado da mesma maneira que o lado frontal (figura 2.10.1). Ao contrário, formas geradas por correntes bidirecionais tendem a ser simétricas.

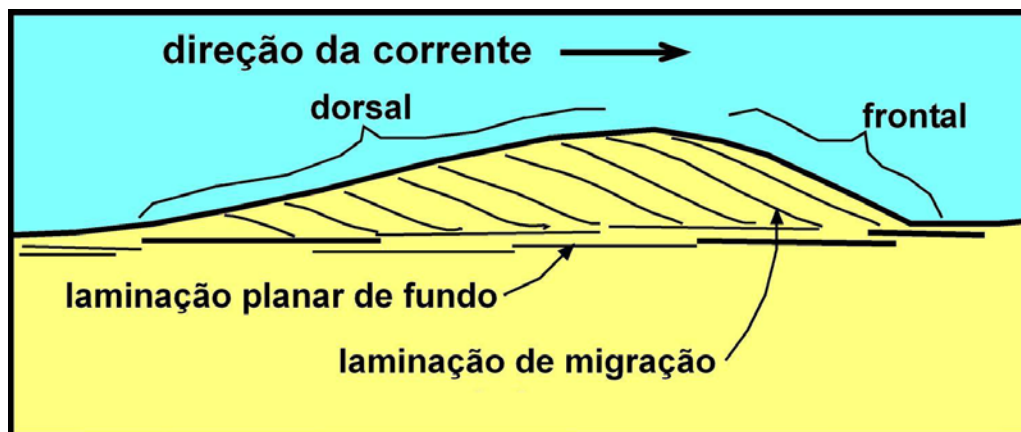


Figura 2.10.1 – Corte longitudinal de uma forma de leito mostrando as estruturas sedimentares internas (Modificado de LESSA, 2000).

De acordo com suas características geométricas, as formas de leito podem ser caracterizadas como de cristas retas, sinuosas, linguóides e lunadas e quanto ao tamanho, podem ser classificadas como marcas onduladas (*ripples*), dunas subaquosas (*megaripples*) e ondas de areia (*sand waves*). Porém, como as variáveis envolvidas no processo de formação das formas de fundo dependem da



velocidade e direção do fluxo do fluido além da granulação e coesão do sedimento, este tipo de classificação ainda não é consensual na literatura (ALLEN, 1970; WRIGHT, 1995)

## 2.11. AS TENDÊNCIAS DE TRANSPORTE DE MATERIAL

O significado e a aplicabilidade dos diversos parâmetros estatísticos que podem ser calculados a partir da análise granulométrica de um depósito sedimentar tem gerado discussões no meio científico. Nas últimas duas décadas vários autores como MACLAREN (1981), MACLAREN & BOWLES (1985), GAO & COLLINS (1991, 1992), Le ROUX (1994a, 1994b), GAO (1996), PEDREROS *et al.* (1996), CHANG *et al.* (2001), têm acordado que a média granulométrica, o grau de seleção e a assimetria dos grãos são os parâmetros mais importantes para a determinação da direção de transporte de material em um ambiente deposicional.

MACLAREN (1981) conclui que:

- 1) as características granulométricas de um depósito sedimentar dependem: da deposição seletiva do sedimento durante o transporte, da total deposição do sedimento transportado, além das características do depósito fonte. As relativas mudanças ou tendências destas características, definidas pela média granulométrica, seleção e assimetria, podem ser usados para determinar fontes e depósitos que têm participação nos processos e, por inferência, a direção preferencial do transporte do sedimento.
- 2) Exceções nestas tendências podem ocorrer se houver mais de uma fonte de material, se houver processos coesivos em sedimentos finos ou floculação durante a deposição e se o tamanho dos grãos alterar durante o transporte.
- 3) Somente a distribuição do tamanho dos grãos de um sedimento não pode ser utilizada para determinar com segurança o ambiente de deposição.
- 4) A análise das tendências dos parâmetros granulométricos pode ser usada para determinar: a) prováveis relações entre os ambientes de deposição; b) os processos mais importantes que operam nos sub-ambientes; c) a direção de transporte de material; e d) os ambientes de deposição.

Em síntese, baseando-se em um depósito sedimentar com distribuição hipotética e assumindo que grãos mais leves apresentam maior probabilidade de serem erodidos e transportados do que grãos pesados, MACLAREN (1981) afirma que:

1) durante o transporte os grãos tornam-se mais finos, melhor selecionados e com assimetria mais negativa do que na fonte;

2) podem também tornar-se mais grossos, melhor selecionados e com assimetria mais positiva ;

3) Em depósitos sucessivos as partículas tendem a ficar mais finas ou mais grossas, mas a seleção tende a melhorar e a assimetria a ficar mais positiva.

Mais tarde, MACLAREN & BOWLES (1985) estabelecem um modelo relacionando os caminhos do transporte de material a variações espaciais considerando a média granulométrica ( $\mu$ ), um coeficiente do grau de seleção ( $\sigma^2$ ) e a assimetria ( $Sk$ ), desenvolvendo um tratamento estatístico dos dados para gerar um modelo em uma dimensão das tendências de transporte do material em um ambiente, no qual seria possível distinguir dois padrões principais de direção de transporte efetivo na natureza. No sentido do transporte, as partículas se tornariam mais grossas, melhor selecionadas e com assimetria mais positiva ou mais finas, melhor selecionadas e com assimetria mais negativa:

$$\sigma_1^2 < \sigma_2^2, \mu_1 < \mu_2 \text{ \& } Sk_1 < Sk_2$$

$$\sigma_1^2 > \sigma_2^2, \mu_1 < \mu_2 \text{ \& } Sk_1 > Sk_2$$

sendo os subscritos 1 e 2 os locais de amostragem, 2 estando ao longo da direção de transporte de 1 e os valores em unidades  $\Phi$ .

GAO & COLLINS (1991) fazem uma análise crítica do trabalho de MACLAREN & BOWLES (1985) afirmando que, apesar dos casos 1 e 2 acima descritos sejam dominantes, outros casos podem ocorrer e causar distorções no método. Consideram então outros dois tipos de tendência possíveis no transporte de materiais:

$$\sigma_1^2 > \sigma_2^2, \mu_1 > \mu_2 \text{ \& } Sk_1 > Sk_2$$

$$\sigma_1^2 > \sigma_2^2, \mu_1 < \mu_2 \text{ \& } Sk_1 < Sk_2$$

Estes autores introduzem técnicas de filtragem semiquantitativas e testes de significância para todos os casos (GAO & COLLINS, 1992, 1994), o que resulta em um modelo em duas dimensões que gera padrões de vetores residuais de transporte de materiais.

Le ROUX (1994a) faz uma análise crítica dos resultados obtidos por GAO & COLLINS (1992) encontrando vetores "enigmáticos" que poderiam resultar da escolha subconsciente de padrões de transporte de materiais tanto do tipo 1 como do tipo 2. Outro problema identificado seria a definição vaga de estações de

vizinhança que adviria quando se assume uma distância representativa do espaçamento entre os pontos amostrais. Além disto, Le ROUX (1994a) afirma que definir vetores considerando apenas duas amostras de cada vez não caracterizaria uma técnica verdadeiramente bi-dimensional.

Le ROUX (1994b) propõe então uma nova abordagem para estimar a tendência de transporte de materiais. Em vez de analisar dois pontos amostrais de cada vez, o autor propõe a análise em grupos de cinco pontos, um central e quatro estações satélites equidistantes e a 90° uma da outra, o que eliminaria os problemas do método de GAO & COLLINS (1992).

Vários autores aplicaram os diversos métodos descritos acima em diferentes ambientes deposicionais, cada um com suas particularidades. Algumas tentativas foram bem sucedidas como a de PEDREROS *et al.* (1996) que aplicaram o método de GAO & COLLINS (1992) para a determinação de padrões de transporte de materiais em uma região intermarés em uma praia da costa Atlântica ao sul da França com resultados positivos. As principais razões para o funcionamento do método seriam:

- 1) apenas uma unidade sedimentar bem delimitada foi amostrada;
- 2) a camada de mistura de sedimento pôde ser reconhecida e propriamente amostrada;
- 3) o impacto causado pela densidade das amostras pôde ser testado;
- 4) a taxa e direção de transporte puderam ser investigadas com traçadores para confirmar as direções gerais dos padrões de transporte residual.

GAO (1996) publica o programa GSTA (*Grain Size Trend Analysis*) relacionando oito tipos básicos de tendência de transporte de materiais:

Tipo 1 -  $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \geq \mu_1$ ,  $Sk_2 \leq Sk_1$

Tipo 2 -  $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$ ,  $Sk_2 \leq Sk_1$

Tipo 3 -  $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \geq \mu_1$ ,  $Sk_2 \geq Sk_1$

Tipo 4 -  $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$ ,  $Sk_2 \leq Sk_1$

Tipo 5 -  $\sigma_2 \geq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \geq \mu_1$ ,  $Sk_2 \leq Sk_1$

Tipo 6 -  $\sigma_2 \geq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$ ,  $Sk_2 \geq Sk_1$

Tipo 7 -  $\sigma_2 \geq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \geq \mu_1$ ,  $Sk_2 \geq Sk_1$

Tipo 8 -  $\sigma_2 \geq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$ ,  $Sk_2 \leq Sk_1$

Para seu estudo em particular, o referido autor indica os tipos 1 e 2 como os mais apropriados para análise de tendência de transporte de materiais e, para

validar o emprego do programa, frisa a necessidade da malha amostral ser compatível com o ambiente deposicional estudado.

Ainda segundo GAO (1996), os processos analíticos para a determinação das tendências consideram os seguintes passos:

- 1) Os parâmetros granulométricos de cada estação são comparados com os das estações vizinhas. Se as tendências de tipos 1 ou 2 ocorrerem entre uma estação central e qualquer das estações vizinhas, um vetor de tendência adimensional é definido para a estação central. Para identificar a validade da estação vizinha, uma distância característica ( $D_{cr}$ ), que representa a escala da malha amostral é especificada. Se a distância entre duas estações for menor que  $D_{cr}$  estas serão consideradas vizinhas e os parâmetros granulométricos serão comparados.
- 2) Uma transformação matemática é então realizada para as estações de amostragem que obtiverem mais de um vetor de tendência de transporte identificados no passo (1) resultando em apenas um vetor de tendência para cada estação amostral.
- 3) Um filtro é então aplicado para reduzir algum ruído remanescente (qualquer vetor que não seja consistente, em termos de direção, com os padrões de transporte é considerado um ruído). Novamente, as estações vizinhas são identificadas pela distância característica ( $D_{cr}$ ) para realizar a filtragem.

CHANG *et al.* (2001) apresentam uma sugestão para o método de GAO (1996) incluindo a geração, a partir dos dados reais, de dados empíricos re-allocados randomicamente, para testar se os vetores residuais representam realmente as direções preferenciais de transporte de materiais. Os dados empíricos são então utilizados para gerar vetores residuais. Este experimento é repetido a fim de se obter séries de vetores residuais para cada estação e para grupo de dados, estabelecendo a frequência de ocorrência dos vetores por estação. Em seguida é realizado um teste de significância do vetor de tendência de transporte com um intervalo de confiança de 95%, que representaria uma probabilidade de uma em vinte de que o vetor residual identificado tenha chance de ocorrer. Estes procedimentos são apresentados no programa GSTAST (*Grain- Size Trend Analysis with Significant Test*), que combina o algoritmo proposto apagando os vetores artificiais calculados pelo programa GSTA de GAO (1996).

Le ROUX et al. (2002), baseado em seu modelo de uma estação amostral central e quatro satélites, propõem o programa TRANSVEC em plataforma EXCEL-VBA em que os dados são:

- 1) selecionados automaticamente com opção de escolher a distância máxima entre o ponto central e os satélites;
- 2) o peso de cada parâmetro granulométrico pode ser alterado;
- 3) considera os quatro tipos de tendência de transporte principais:

Tipo 1 -  $\sigma_2 \geq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$ ,  $Sk_2 \geq Sk_1$

Tipo 2 -  $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$ ,  $Sk_2 \leq Sk_1$

Tipo 3 -  $\sigma_2 \leq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$ ,  $Sk_2 \geq Sk_1$

Tipo 4 -  $\sigma_2 \geq \sigma_1$ ,  $\mu_2 \leq \mu_1$ ,  $Sk_2 \leq Sk_1$

podendo ser extraído o de maior magnitude ou analisá-los todos separadamente;

- 4) pode-se plotar os vetores resultantes com uma filtragem de 20, 40, 60 e 80% da magnitude maior;
- 5) uma homogeneização dos vetores resultantes pode ser feita;
- 6) a distribuição dos dados vetoriais é analisada utilizando o teste não paramétrico de WATSON (1966) que verifica se a tendência é preferencial ou uniforme.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

#### 3.1. A PLANÍCIE COSTEIRA ADJACENTE

A área é adjacente a uma planície costeira primeiramente estudada por Bigarella (1946). Posteriormente, Maak (1968) descreveu as principais unidades geológicas da planície costeira e da geografia física da região. A Comissão da Carta Geológica do Paraná, instituída no final da década de sessenta, publicou mapas geológicos da região na escala 1:70.000 baseados em levantamentos sistemáticos realizados ao longo de toda a faixa litorânea do estado. Um estudo detalhado da planície costeira paranaense foi realizado por Angulo (1992) que apresentou mapas dos ambientes de sedimentação e das unidades geomorfológicas em escala 1:50.000 e 1:100.000 e, baseando-se em indicadores sedimentares e biológicos, teceu considerações sobre as variações do nível relativo do mar (NRM) durante o Pleistoceno e o Holoceno. Segundo Angulo (1992), a planície costeira do estado do Paraná é composta majoritariamente por sedimentos quaternários depositados em ambientes continentais e marinhos (figura 3.1.1).

Os sedimentos continentais são cascalhos com matriz areno-argilosa, localizados nas proximidades do sopé de serras, na forma de depósitos de leques, tálus e colúvios, associados às vertentes. Os sedimentos marinhos são depósitos de areias finas a muito finas, quartzosas e bem selecionadas constituindo feixes de cordões litorâneos orientados paralelamente à linha de costa atual (SW-NE), que ocorrem na forma de terraços cujas proporções decrescem em direção ao oceano. Nas proximidades do Balneário de Pontal do Sul (ao norte da área de estudo), a altura dos terraços varia de 1,8 a 4,6 m. Sedimentos paleo-estuarinos arenosos e areno-argilosos ocorrem em áreas baixas e associados ao fundo de antigos vales fluviais.

LESSA *et al.* (2000) interpretaram a planície costeira em questão como dois sistemas de barreira – laguna com evolução controlada por duas transgressões correspondentes à Transgressão Cananéia (120.000 anos antes do presente) e à Transgressão Santos (máximo há 5.100 anos A. P.), referentes aos dois últimos períodos interglaciais do Quaternário. As unidades identificadas são: barreira holocênica transgressiva, barreira holocênica regressiva, estuário holocênico, canal estuarino holocênico, sedimentos continentais cenozóicos, estuário pleistocênico, barreira pleistocênica e embasamento cristalino.

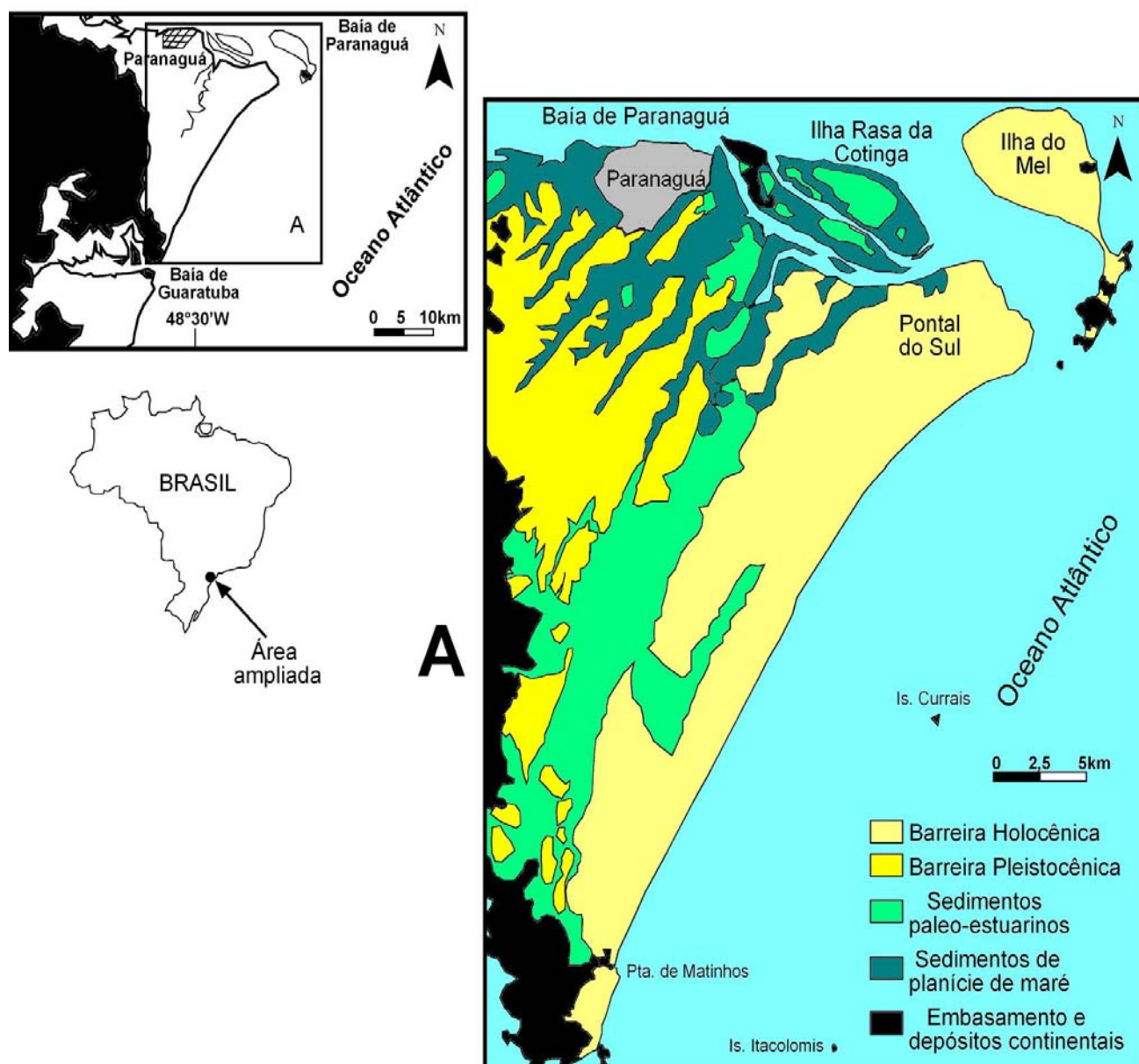


Figura 3.1.1 - Mapa geológico simplificado da porção central da planície costeira paranaense (modificado de ANGULO, 1992; depois de LESSA *et al.*, 2000).

O modelo estratigráfico proposto por Lessa *et al.* (2000) pode ser observado na figura 3.1.2 no qual a barreira regressiva holocênica encontra-se sobre sedimentos paleo-lagunares mais antigos. Neste modelo, o limite inferior da *Shoreface* Superior encontra-se entre -6 e -8 m abaixo do nível médio do mar (NMM) atual.

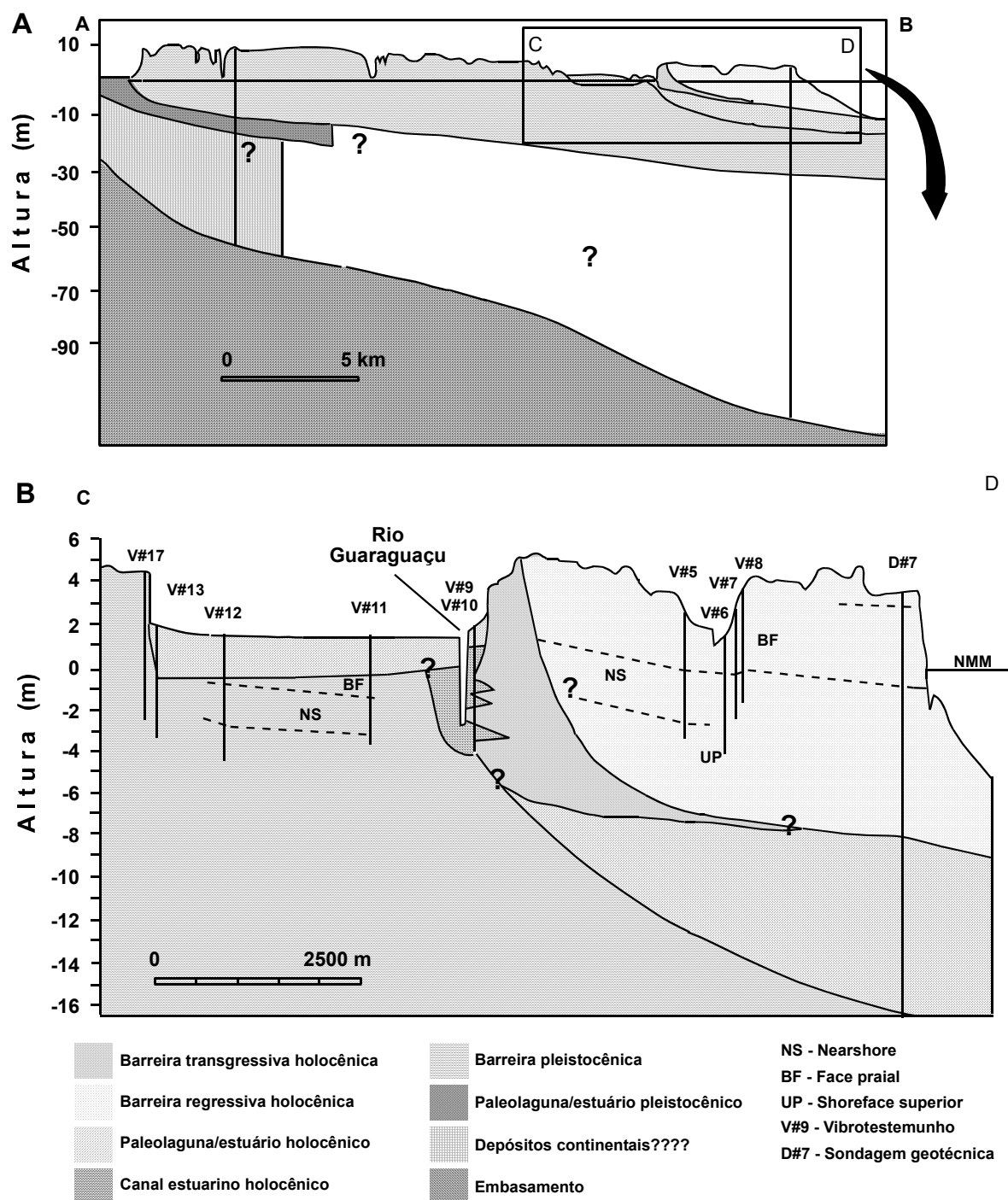


Figura 3.1.2 - Modelo de evolução da planície costeira paranaense proposto por LESSA *et al.* (2000).

SOUZA *et al.* (2003) propõem um modelo evolutivo para a barreira holocênica na região de Paranaguá, sul do Brasil; a partir de descrições detalhadas de fácies sedimentares e de datações  $^{14}\text{C}$  (figura 3.1.3). A associação de fácies é interpretada como sendo uma seqüência regressiva depositada em ambientes de plataforma



interna, face litorânea, face praial, pós-praia e dunas frontais, sobre um substrato pleistocênico de plataforma rasa. A idade proposta para a barreira na área seria de 4.000 a 3.000 anos A. P., baseando-se em datações  $^{14}\text{C}$  obtidas a partir de conchas de moluscos articuladas encontradas em posição de vida.

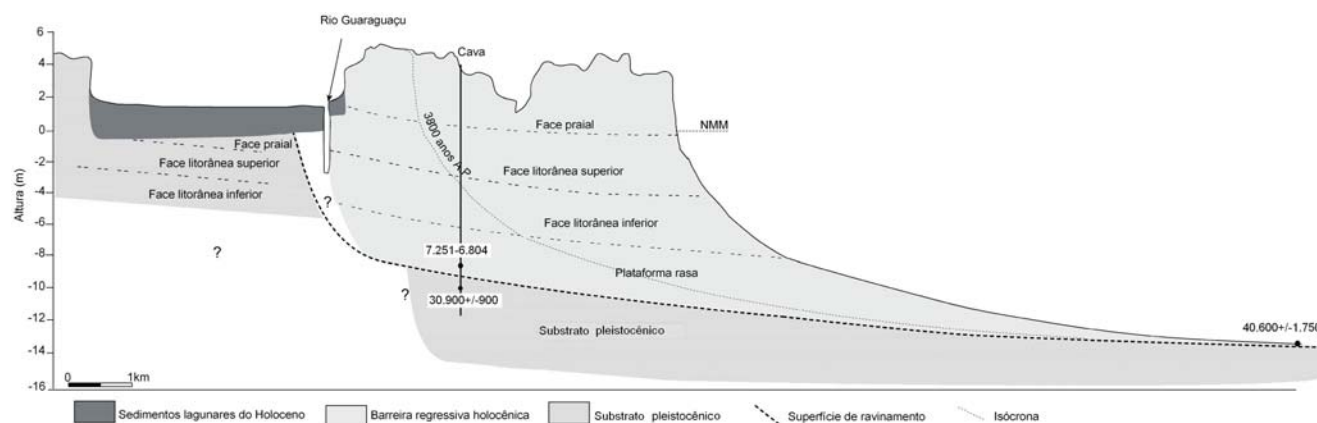


Figura 3.1.3 - Modelo de evolução da barreira holocênica proposto por SOUZA *et al.* (2005) para a região de Paranaguá.

No modelo acima, a paleo-laguna holocênica proposta por LESSA *et al.* (2000) não ocorre, tampouco a barreira transgressiva holocênica não foi reconhecida no trabalho de SOUZA *et al.* (2005).

A profundidade definida para o limite inferior da *Shoreface* (definido neste trabalho como Face Litorânea), encontra-se e próximo da cota de -8 m abaixo do NRM atual, coincidindo com o proposto por LESSA *et al.* (2000).

### 3.2. AS VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR

O registro das variações do nível relativo do mar (NRM) na região pode ser observado no mapa geológico da planície costeira paranaense elaborado por ANGULO (1992) (figura 3.1.1) que mostra a barreira Pleistocênica e a barreira Holocênica. Na região sul do Brasil, registros indicam que o NRM esteve entre 3 e 5 metros acima do nível atual há cerca de 5.000 anos A.P., oscilando (SUGUIO *et al.*, 1985) ou baixando gradualmente (ANGULO & LESSA, 1997) desde então até o nível presente (figura 3.2.1).

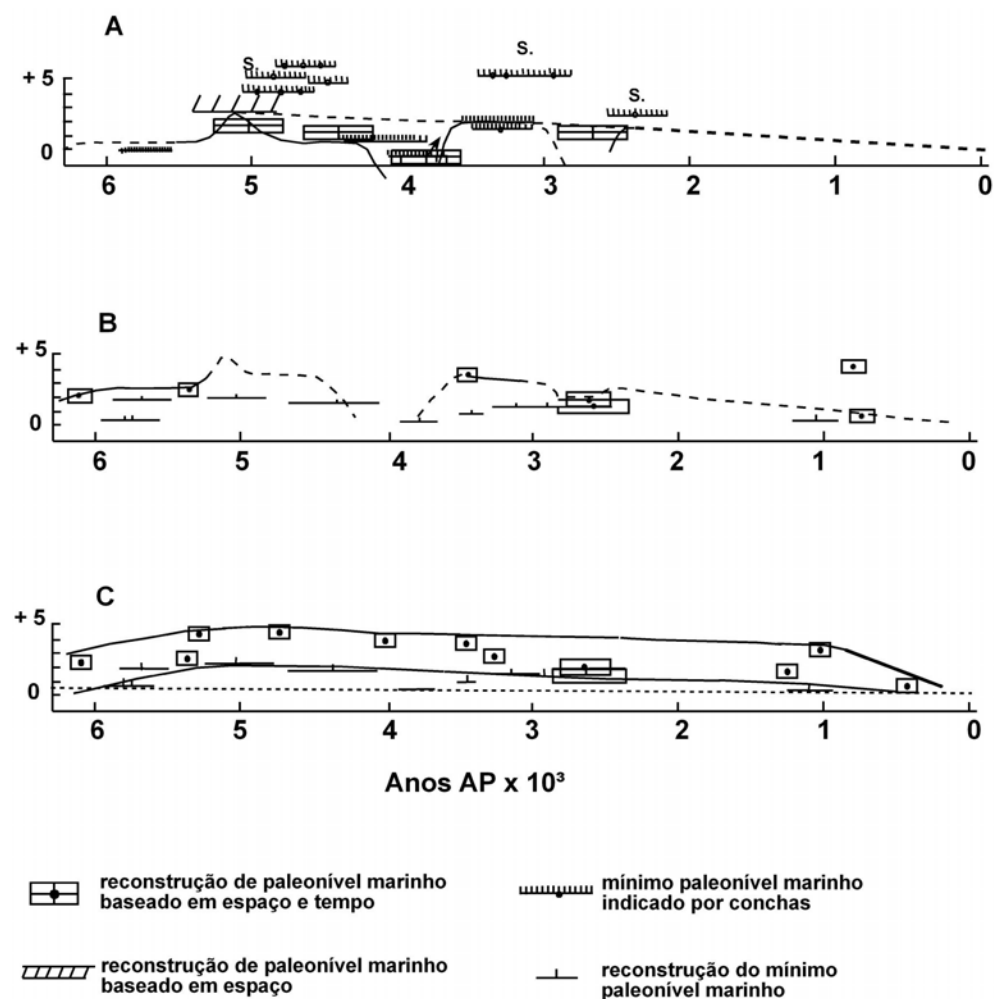


Figura 3.2.1 - Curvas propostas para a região do estudo por: A) SUGUIO *et al.* (1985); B) ANGULO & SUGUIO (1995) e ANGULO & LESSA (1997) (Modificado de LESSA *et al.*, 2000).

### 3.3. A PLATAFORMA INTERNA RASA

Pouco se conhece sobre as características estratigráficas e sedimentológicas da plataforma interna paranaense. Estudos realizados nas proximidades do balneário de Matinhos por BORZONE *et al.* (1999), demonstram a complexa variação granulométrica dos sedimentos presentes na plataforma interna da região. Estes autores, descrevem para a região de Matinhos sedimentos com teores superiores a 10% de silte+argila entre as isóbatas de 6 e 10 metros e áreas com areias finas intercaladas com lentes de areias médias e grossas acima desta profundidade, o que demonstra que uma granodecrescência em direção às regiões mais profundas descrita nos modelos teóricos de sedimentação em plataformas rasas por vários autores como EMERY (1968), ALLEN (1970), SWIFT & THORNE

(1991), WALKER & PLINT (1992), WRIGHT (1995), KOMAR (1998), não corresponde à realidade para o local. A área em estudo situa-se entre os complexos estuarinos de Paranaguá e de Guaratuba e recebe a pluma de material em suspensão transportado por marés vazantes de ambas as desembocaduras, conforme a incidência de ondas de NE ou de SE (NOERNBERG, 2001).

No litoral norte do Rio Grande do Sul, registros de sonar de varredura realizados na plataforma interna revelam variações texturais dos sedimentos de fundo de areia grossa até silte muito fino, numa mistura de componentes que revela a ação de distintos mecanismos de acumulação e retrabalhamento dos sedimentos (GRUBER *et al.*, 2001). Estes autores consideram que a ocorrência destas variações sedimentares estaria relacionada à translação das linhas de costa e níveis de estabilização pretéritos da última transgressão holocênica. Ainda segundo GRUBER *et al.* (2001), a heterogeneidade de sedimentos depende da herança geológica local, consistindo em depósitos palimpséticos. A ocorrência de depósitos lamosos de paleolagunas encobertos por depósitos praias e de plataforma, bem como de depósitos bioclásticos de paleolinhas de praia afogadas, estão presentes no modelo discutido por ROY & COWELL (1991, *apud* GRUBER *et al.*, 2001).

### 3.4. O CLIMA

Segundo a classificação de KÖEPPEN é do tipo Cfa, definido como subtropical úmido e mesotérmico, com verão quente. Conforme IPARDES (1990,1991), a temperatura média está em torno de 22°C nas latitudes mais setentrionais e de 20,8°C nas mais meridionais. As médias máximas na planície litorânea são de 29,6°C e as médias mínimas de 14,8°C. Este tipo climático está sujeito a geadas pouco frequentes, precipitações regulares durante todos os meses do ano e não apresenta estação seca definida.

#### 3.4.1. OS VENTOS

Os ventos no litoral paranaense são definidos pelo anticiclone do Atlântico Sul e pelo anticiclone migratório polar na sua ação sobre o ramo atlântico da massa polar (BIGARELLA *et al.*, 1978).

O Laboratório de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná - UFPR manteve o monitoramento de parâmetros meteorológicos durante os anos de 1996 a 1999 (Figura 3.4.1.1).

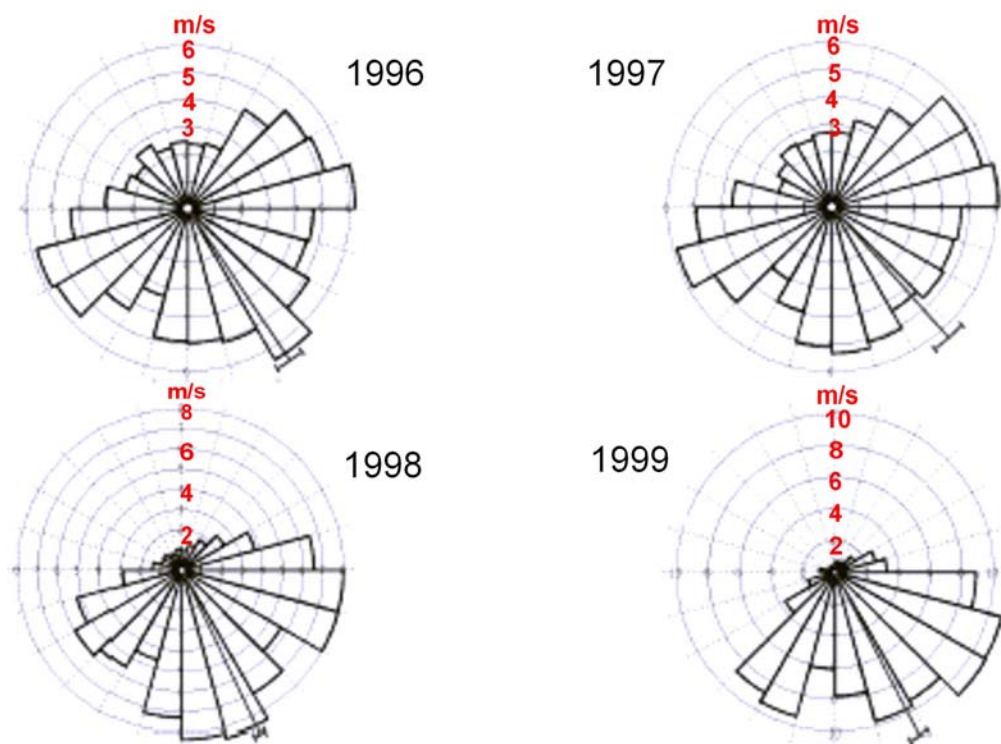


Figura 3.4.1.1 - Diagrama das direções do vento em Pontal do Sul. Fonte: LFM - CEM. (NOERNBERG, 2001).

Segundo NOERNBERG (2001) pode-se concluir que houve uma mudança no padrão de ventos dos anos 1996 e 1997 para os anos 1998 e 1999. Os ventos frequentes de NE diminuíram sensivelmente. Este autor correlaciona o fato com o fenômeno *El Niño* ocorrido em 1997-1998, que teria ocasionado um aumento na frequência de sistemas frontais provenientes de sul, modificando os padrões de vento normais que apresentam a componente NE acentuada.

### 3.4.2. AS PRECIPITAÇÕES

A estação mais chuvosa é o verão e a menos chuvosa o inverno. No verão ocorrem as maiores precipitações em 24 horas, em torno de 100 mm, podendo atingir máximos de 400 mm, sendo a época de maior risco de enchentes e enxurradas (IPARDES, 1990).

A estação meteorológica do CEM em Pontal do Sul, operada pelo LFM, registrou para o ano de 2000 a precipitação total de 3.144 mm, sendo o mês mais chuvoso o de fevereiro com 498 mm e o menos chuvoso o de abril com apenas 21 mm de precipitação (figura 3.4.2.1).

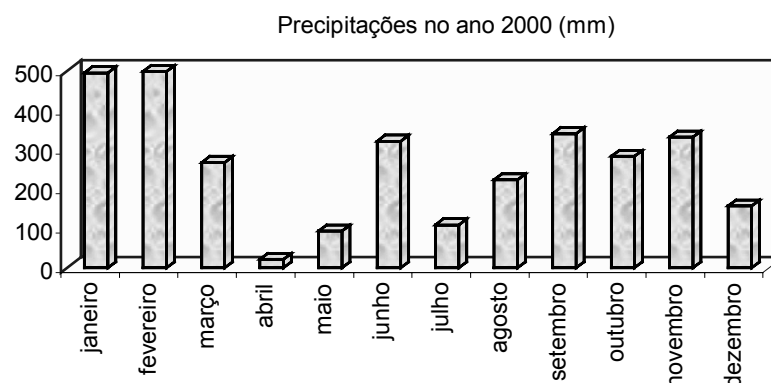


Figura 3.4.2.1 - Precipitação mensal (mm) em Pontal do Sul no ano de 2000. (Fonte: LFM - CEM - UFPR).

### 3.5. AS CORRENTES

No caso do litoral paranaense, devido aos sistemas frontais se originarem ao sul, correntes associadas a estes eventos são bastante atuantes e deslocam-se de sul para norte. ANGULO (1995) cita feições morfológicas na área que indicam deriva litorânea predominante para norte. A orientação dos cordões de praia sugerem uma progradação de sul para norte, as desembocaduras dos rios apresentam curvatura voltada para o norte e os deltas de marés na desembocadura dos estuários são mais pronunciados no lado sul.

A inversão da deriva para o sul ocorre frequentemente e foi observada em campo diversas vezes em períodos de bom tempo com ventos predominantes do quadrante NE, mas sua intensidade é bem menos pronunciada.

NOERNBERG (2001), baseado em imagens do satélite Landsat 7 durante condições de alta energia de ondas, descreve mega-correntes de retorno (*mega-rip-currents*) na porção central da área, formadas pelas massas d'água convergindo de Pontal do Sul para Praia de Leste e de Matinhos para Praia de Leste, ultrapassando a isóbata de 10 m (figura 3.5.1). Nestas condições de energia, o referido autor afirmou poder haver trocas importantes de propriedades e constituintes entre a zona de surfe e a plataforma rasa.

Deve-se ressaltar que NOERNBERG (2001) analisou uma imagem momentânea do ambiente, e não a totalidade dos estados dinâmicos da área ou todos os processos físicos de transporte de material que ali possam ocorrer.

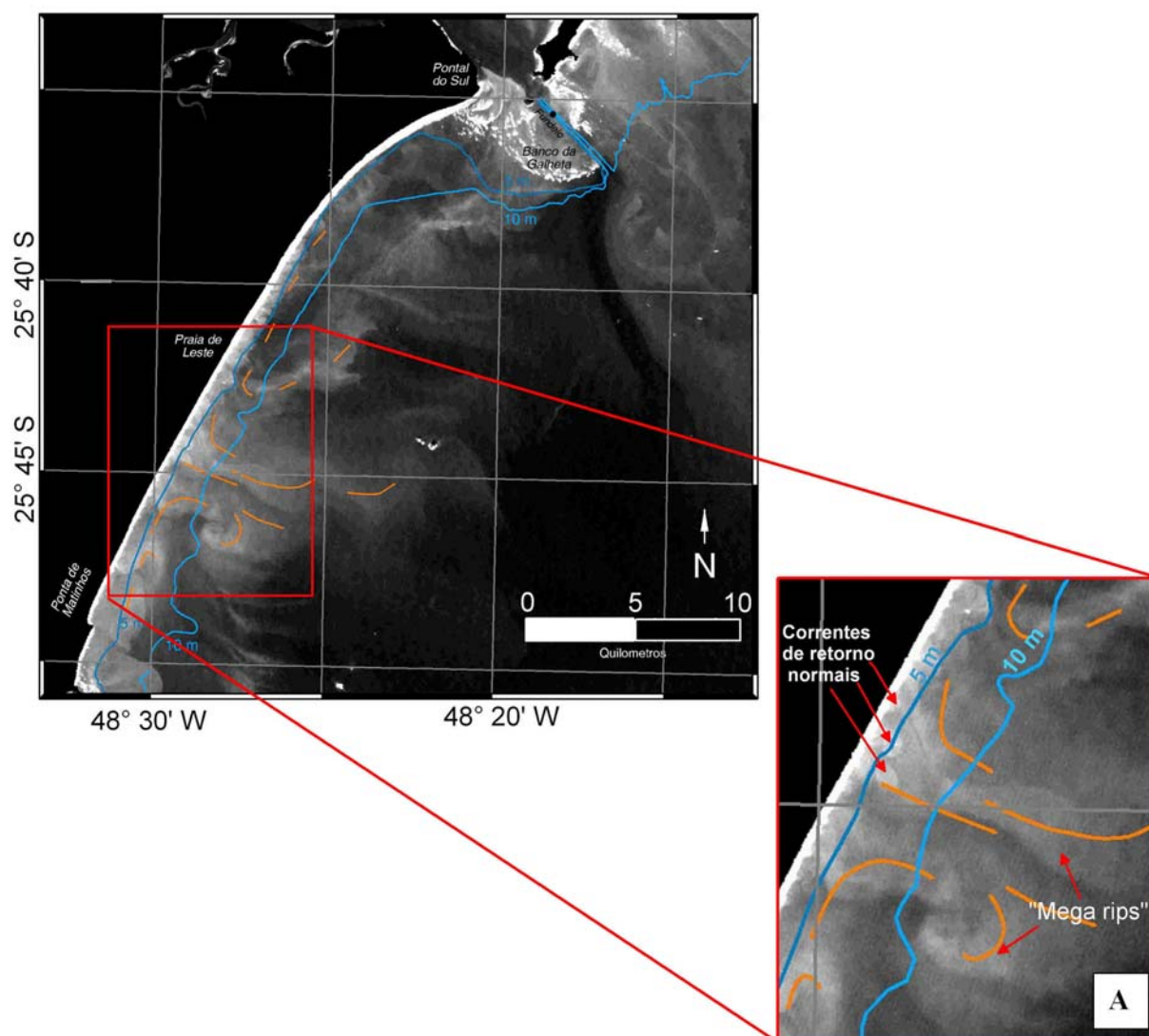


Figura 3.5.1 - Imagem de satélite Landsat 7 mostrando as plumas de material em suspensão causadas pela ação das correntes de retorno. A - Detalhe da imagem onde podem ser identificadas as correntes de retorno e as mega-correntes de retorno (*mega rips*) (modificado de NOERNBERG, 2001).

QUADROS (2002) fez importantes considerações sobre a coincidência dos eventos maiores de erosão (ressacas) nas praias da região com os sistemas frontais de alta energia que ocorrem na costa paranaense. Zonas de baixa pressão formam-se entre um ciclone e um anticiclone subtropical criando uma extensa pista de vento e, quando esta zona aproxima-se da costa em períodos de marés com maior amplitude, podem ocorrer severos danos a obras inadequadas realizadas junto á costa. Segundo o referido autor a combinação destes fatores e não um ou outro isoladamente seria a causa de grandes ressacas no litoral paranaense.

### 3.6. AS ONDAS

Há poucos estudos estatísticos sobre os padrões de ondas na região. Uma campanha realizada pela PORTOBRAS (1983) (tabela 3.6.1) com bóia e acelerômetro diferencial mostrou frentes de ondas aproximando-se da área principalmente de ESE e SE, com altura média de 1,8m e período médio de 11s.

Tabela 3.6.1 - Características mensais das ondas na costa paranaense entre 21/08/1982 e 21/01/1983 (PORTOBRÁS, 1983).

	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Altura máxima (m)	2,35	3,95	3,20	2,65	3,50
Altura significativa – Hs (m)	1,58	2,54	2,04	1,49	2,13
Período médio (s)	16,53	10,73	12,00	9,80	12,00
Direção (°)	–	112	133	140	123

### 3.7. AS MARÉS

De acordo com o Laboratório de Física Marinha - LFM do Centro de Estudos do Mar - CEM, a costa paranaense possui regime de micromarés (amplitudes normalmente menores que 2,0 m). HARARI & CAMARGO, 1994, indicam uma amplitude de maré de 1,8 m na embocadura da baía de Paranaguá, decrescendo ao longo da costa tanto para sul quanto para norte.

MARONE & CAMARGO (1994), analisando uma maré meteorológica na Baía de Paranaguá em 18 de agosto de 1993, detectaram um aumento de 0,80 m do nível previsto. Segundo os referidos autores este fenômeno é observado dentro do estuário, sendo causado pelo represamento e empilhamento da massa d'água na zona costeira.

### 3.8. O TRANSPORTE DE MATERIAL NA REGIÃO

SAYÃO (1989) estimou em cerca de  $300 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$  o volume de areia movendo-se para norte na região próxima à baía de Paranaguá. Para LESSA *et al.* (2000), devido à presença do canal que corta o delta de desembocadura da baía no sentido leste-oeste, pode-se supor que este esteja agindo como uma armadilha de

sedimentos e que o montante de areia transportada pelas correntes de deriva na região seja pelo menos duas vezes maior que aquele calculado por SAYÃO (1989).

Segundo dados da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina – APPA (1994), o volume de areia dragado do canal de acesso ao porto de Paranaguá entre os anos de 1987 e 1993, foi da ordem de  $1.100 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

LAMOUR *et al.* (submetido) estudando a porção externa do canal de acesso aos portos de Paranaguá e Antonina, que corta o delta de maré vazante no sentido L-O, calculam taxas de assoreamento em uma área crítica que variam entre  $19 \times 10^3 \text{ m}^3$  (1993/94),  $229 \times 10^3 \text{ m}^3$  (1997/98) e  $103 \times 10^3 \text{ m}^3$  (1998/2000). A discrepância acentuada entre as taxas de assoreamento encontradas deve-se, segundo os autores, a uma variação natural das taxas ou a diferenças de métodos na aquisição dos dados de batimetria. LAMOUR *et al.* (2001), considera que o balneário de Pontal do Sul, imediatamente ao sul do canal da Galheta, encontra-se em processo erosivo desde 1997, o que poderia estar fornecendo um maior volume de material para o transporte longitudinal preferencial de sul para norte na região, causando um maior aporte de material no setor externo do canal da Galheta.

Os dados sobre transporte de partículas na área estudada disponíveis até o presente momento, fazem referência ao delta de maré vazante associado à desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá. Não há dados sobre o volume de material transportado ao longo da costa aberta entre Matinhos e Pontal do Sul. Como a área de estudo situa-se entre baías, tendo canais de acesso a portos tanto ao sul (São Francisco) como a norte (Paranaguá), seria importante tentar definir as tendências de transporte de material na região.



## 4. MATERIAIS & MÉTODOS

### 4.1. TRABALHOS DE CAMPO

Devido à diversidade de informações coletadas durante este trabalho, decidiu-se por relacionar materiais e métodos subdivididos em trabalhos de campo e laboratório para demonstrar com maior clareza o esforço amostral (figura 4.1.1) e o analítico realizados.

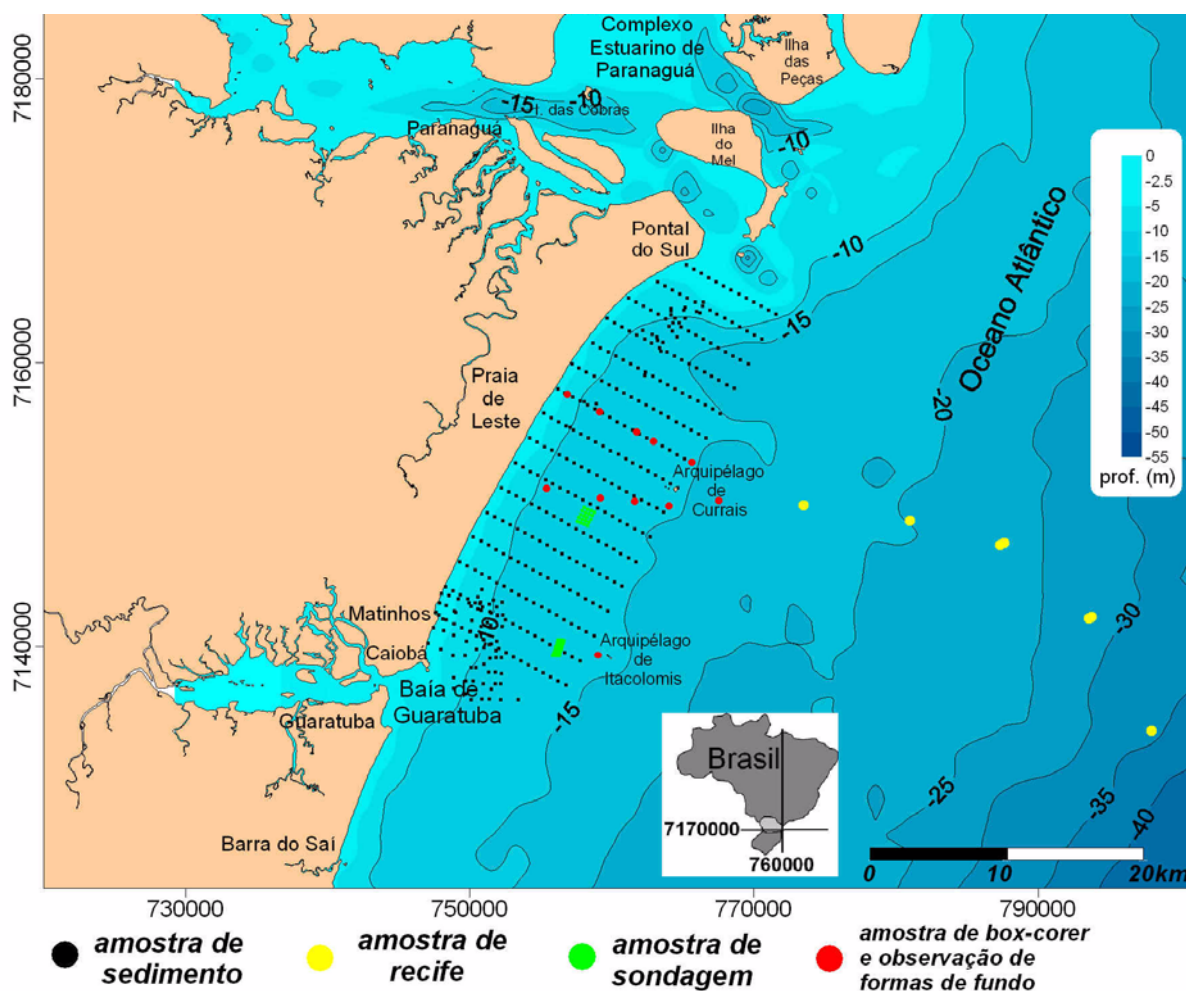


Figura 4.1.1 - Mapa batimétrico do litoral do Paraná indicando os pontos amostrais realizados durante este trabalho.

#### 4.1.1. A AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS DE FUNDO

Os sedimentos de fundo foram coletados a partir de embarcação com equipamento de busca a fundo tipo *Petite Ponar* em 289 pontos georreferenciados preestabelecidos em 16 perfis transversais à linha de costa e outros 100 aleatórios.

A distância entre os perfis foi de 2 km, com amostras coletadas a cada 600 m. As amostragens duraram 2 meses durante o verão em condições de tempo bom.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos de 20X30 cm e identificadas por etiquetas de papel vegetal e papel especial para *overlay* onde foi anotado com grafite a data e o número da amostra. Com a finalidade de evitar a alteração pós-coleta do teor de matéria orgânica presente no sedimento, as amostras foram congeladas até o momento do processamento em laboratório.

As etiquetas de papel vegetal apresentaram problemas de conservação após o descongelamento, tornando-se quebradiças e fragmentando-se, o que causou alguns transtornos para identificação do material. Ao contrário, o papel especial para *overlay*, apresentou ótima conservação, cabendo a recomendação de sua utilização.

#### 4.1.2. FORMAS DE FUNDO

Para a caracterização das formas e fundo foram definidos 11 pontos de amostragem em dois perfis transversais à linha de costa e um ponto isolado (figura 4.1.1) em locais com granulações diversas, baseados em mapa da análise granulométrica macroscópica de sedimentos de fundo elaborado previamente.

O método consiste em deslocar-se ao ponto pré-determinado com auxílio de GPS, mergulhar com equipamento autônomo e fazer medições quanto à simetria, amplitude, direção e altura das cristas das formas de fundo. Para medir a simetria das formas utilizou-se uma chapa de acrílico de 20X20 cm à qual é preso um transferidor com um peso colado em sua curvatura na posição de 90°, a escala angular é então desenhada em maior tamanho no corpo da chapa acrílica para melhor observação do ângulo sob a água. Posiciona-se a base da chapa nas faces da marca ondulada para se obter o ângulo. Para determinação de comprimento e altura das marcas, utilizou-se escala centimétrica comum. A direção das cristas foi medida com auxílio de bússola de mergulho.

Foram realizados pelo autor, com auxílio da equipe de mergulho científico do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná, 11 mergulhos a profundidades variando de 8 a 19 metros.

#### 4.1.3. ESTRUTURAS SEDIMENTARES

As estruturas sedimentares foram identificadas a partir de testemunhos retirados com auxílio de *box-corer* (figura 4.1.3.1) desenvolvido pelo Laboratório de

Estudos Costeiros da UFPR nos locais indicados na figura 4.1.1. O método consiste em mergulhar com equipamento autônomo até o leito marinho e introduzir o aparelho sem a tampa, com auxílio de marreta de 5 kg no sedimento. Posteriormente é colocada a tampa e retirado o aparelho, que é inserido em saco plástico para minimizar a perda de material durante a ascensão à superfície. Estes testemunhos são deixados em repouso para secagem e, a seguir, é feito um *peeling* da face da amostra utilizando tecido de algodão embebido em adesivo líquido com catalisador. Após o endurecimento do adesivo, é retirado o tecido, resultando em uma placa de sedimento endurecido de 20 X 20 cm, que é lavado em água corrente para ressaltar as estruturas sedimentares. O melhor resultado foi obtido utilizando uma mistura do adesivo com uma pequena quantidade de catalisador, para que o endurecimento não fosse completo, resultando em uma placa maleável. Para preservação do resultado, este método deixa a desejar, mas para visualização das estruturas, mostrou-se mais eficiente. Recomenda-se testar várias misturas a fim otimizar os resultados.

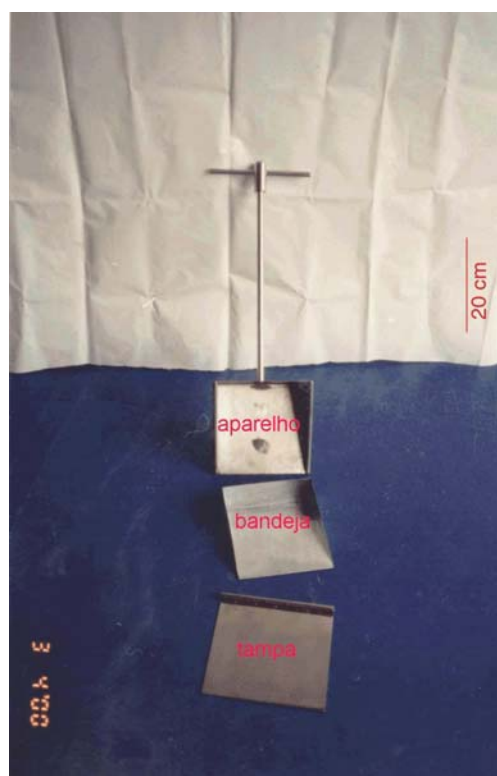


Figura 4.1.3.1 - Testemunhador tipo *box-corer* modelo D-2, para amostragem de sedimento (Foto: Logeo).

A eficiência do método pode ser observada nas figuras 4.1.3.2, 4.1.3.3 e 4.1.3.4 abaixo que demonstram como as estruturas sedimentares são ressaltadas após o processamento.



Figura 4.1.3.2 - Amostra limpa na bandeja.



Figura 4.1.3.3 - *Peeling* retirado da amostra.



Figura 4.1.3.4 - *Peeling* após lavagem em água corrente. Observar que a imagem obtida é o espelho da original.

No ponto A5 foi realizada sondagem com tubo de alumínio de 3 polegadas de diâmetro e comprimento de 50 cm, para investigar os sedimentos mais finos encontrados a profundidades de 8 a 10 metros na área estudada.

#### 4.1.4. AS SONDAGENS

Foram realizadas 18 sondagens em frente ao Balneário de Matinhos e 20 próximas ao Arquipélago de Currais. Para a investigação das camadas de sedimentos finos próximo à costa, foi sondado um ponto próximo à costa de Praia de Leste como indicado na figura 4.1.4.1.

As figuras 4.1.4.2 e 4.1.4.3 mostram em detalhes, a posição dos pontos de amostragem.

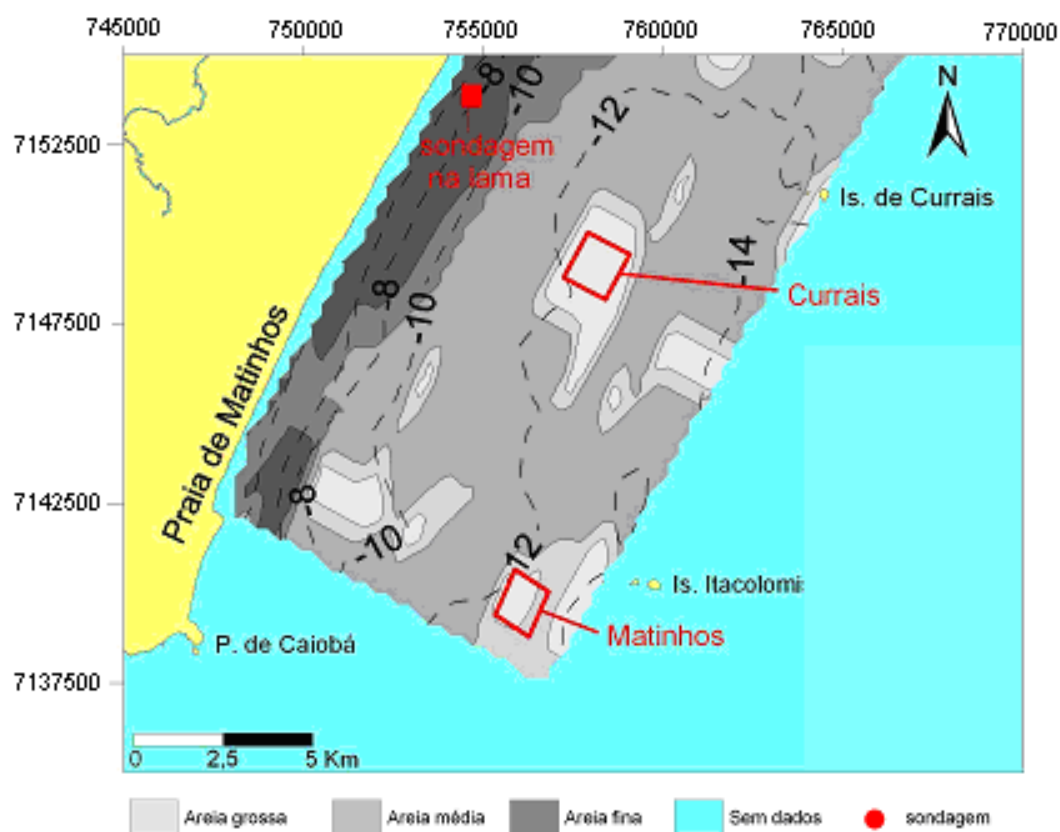


Figura 4.1.4.1 - Localização das sondagens realizadas.

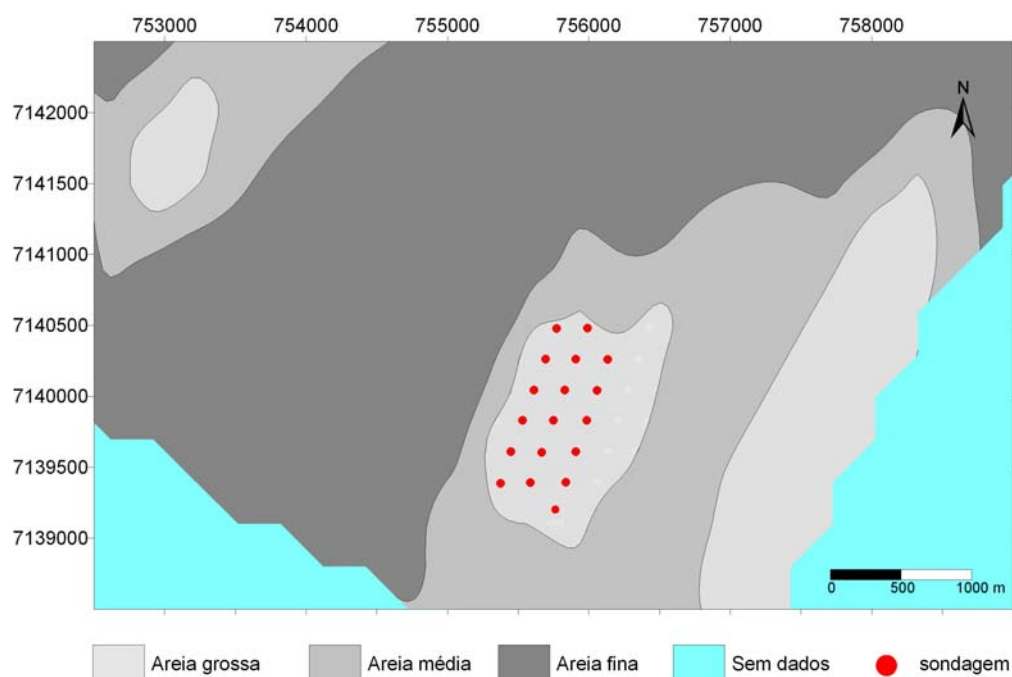


Figura 4.1.4.2 Pontos de sondagem próximo ao Balneário de Matinhos.

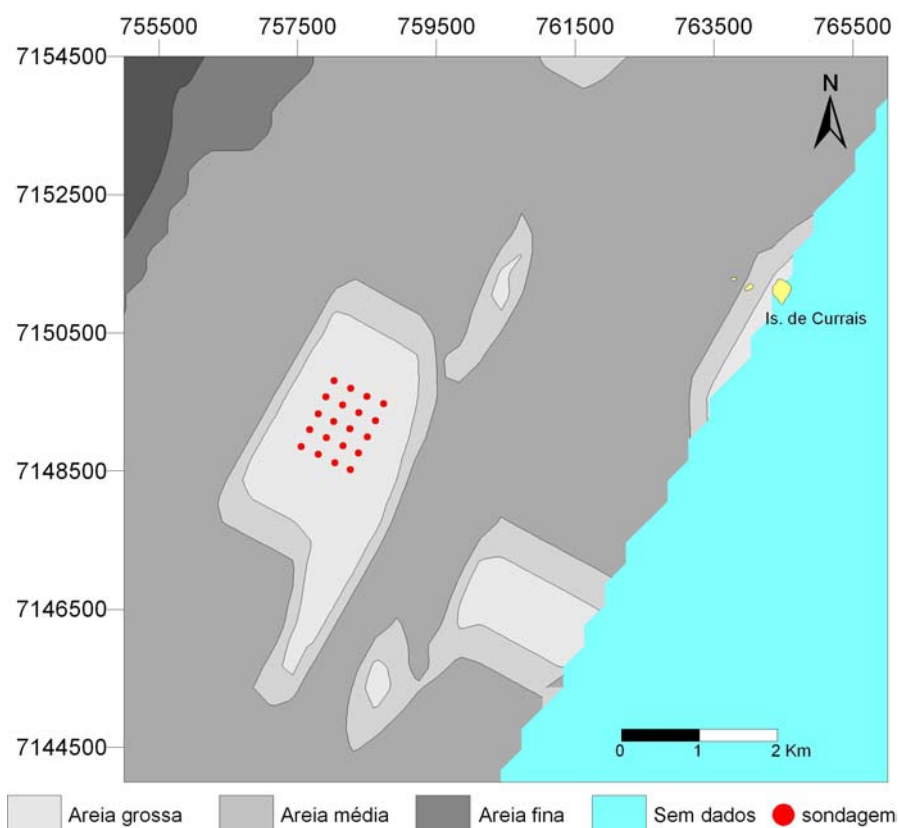


Figura 4.1.4.3 - Pontos de sondagem próximo ao Arquipélago de Currais.

O método consiste deslocar-se aos pontos preestabelecidos utilizando equipamento GPS e mergulhar com equipamento autónomo até o leito marinho, introduzindo com auxílio de marreta de 5 kg, tubos amostradores de 1,5 metro de comprimento nos sedimentos para tentar recuperar o máximo possível de material do substrato. Foram utilizados tubos de PVC rígido de 50 milímetros de diâmetro. Após a penetração, é colocada uma tampa para selar a abertura superior do tubo e evitar a perda de material. Quando retirado, o tubo é fechado na parte inferior por outra tampa. A amostra é então levada para a superfície e transportada para o laboratório sempre na posição vertical para tentar preservar as suas características. Após secagem, o tubo é serrado, descartando-se a porção que estiver vazia, as tampas são então substituídas por fita adesiva. O tubo é então aberto com auxílio de serra circular, tomando-se o cuidado para serrar apenas as paredes do cano, lateralmente e em posições diametralmente opostas, passa-se então um arame ou fio de náilon grosso ao longo das aberturas feitas pela serra e a amostra é dividida ao meio para observação do conteúdo. Foram realizadas 70 análises granulométricas de amostras retiradas ao longo dos testemunhos, correspondentes a diferentes profundidades, segundo o método descrito no item 4.2.2.



#### 4.1.5. OS RECIFES DE ARENITO

A localização dos recifes foi baseada em informações provenientes de livros de bordo de embarcações de pesca com redes de arrasto que atuam na região e de pescadores artesanais profissionais e amadores. Para a coleta de amostras foram efetuados mergulhos com auxílio de equipamento autônomo em locais entre 20 e 45 km da costa paranaense a profundidades que variam 18 a 31 m. A composição mineralógica das rochas encontradas foi determinada por difratometria de raios X e pela observação de lâminas delgadas em microscópio de luz polarizada.

#### 4.1.6. IMAGENS DE SONAR DE VARREDURA LATERAL.

Foi realizada uma campanha, em parceria com o Laboratório de Oceanografia Geológica do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo IO-USP, com equipamento sonar de varredura lateral marca *Marine Sonic Technology* (figura 4.1.6.1). Os dados foram adquiridos ao longo de 5 perfis perpendiculares à costa até a isóbata de 15 m, com cerca de 12 km de extensão cada, totalizando cerca de 60 km de imagens (figura 4.1.6.2). O posicionamento foi realizado por meio de sistema GPS (*global positioning system*) e os sensores foram ajustados para 100 m de amplitude, resultando em 200 m de alcance lateral. A campanha foi idealizada a fim de obter dados que auxiliassem a confecção do mapa da cobertura sedimentar da área. As imagens foram processadas no programa *Sea Scan PC Review* e tratadas no programa SURFER® 7.0 da *Golden Software Corporation* para posicionamento e interpretação dos dados.



Figura 4.1.6.1 – Equipamento de aquisição de imagens com sonar de varredura lateral.

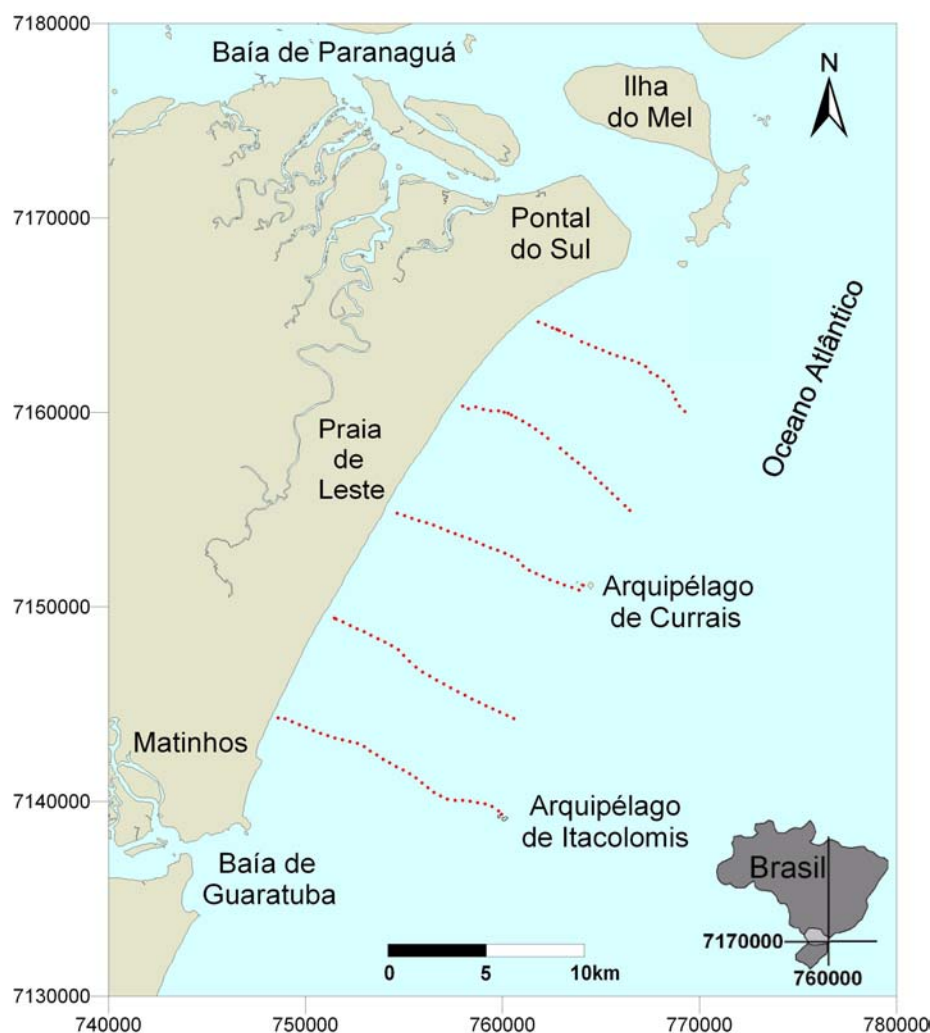


Figura 4.1.6.2 - Localização dos perfis realizados para obtenção de imagens do fundo com sonar de varredura lateral - *Sidescan*.

## 4.2. TRABALHOS DE LABORATÓRIO

### 4.2.1. A BATIMETRIA

O mapa batimétrico da área foi gerado a partir de dados fornecidos pelo Laboratório de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná e são uma compilação de dados extraídos das Cartas Náuticas N° 1800, 1820 publicadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN além de dados de folhas de bordo e de controle das dragagens do canal de acesso aos portos de Paranaguá e Antonina, totalizando mais de 70.000 informações (figura 4.1.1). Estas informações também foram utilizadas para gerar os perfis batimétricos e calcular os gradientes da plataforma interna.



#### 4.2.2. AS ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS

Os sedimentos foram observados em lupa binocular e classificados de acordo com o grau de arredondamento de acordo com RUSSEL & TAYLOR (1937). As análises granulométricas completas foram processadas nos laboratórios de Estudos Sedimentológicos (LabESed) e de Oceanografia Geológica (LOGEO) segundo o método descrito por SUGUIO (1973) para o peneiramento com peneiras a intervalos de 0,5  $\Phi$  e pelo método de CARVER (1971) para a pipetagem com intervalos de 1  $\Phi$ . Posteriormente foram processadas com o auxílio do software SysGran 2.4 para o cálculo dos parâmetros granulométricos segundo FOLK & WARD (1957). O teor de carbonato foi obtido tratando-se 10 g da amostra com HCl a 10% de volume até cessar a efervescência, lavando-se em seguida o material com água morna destilada e posto a secar para pesagem. O teor de matéria orgânica foi obtido através da queima de 5 g de material seco em mufla a 600 °C.

#### 4.2.3. CONFECÇÃO DAS SEÇÕES DELGADAS

Para a confecção das seções delgadas das amostras de recifes de arenito foram realizados cortes com auxílio de serra circular no laboratório da UFPR para obtenção das pastilhas que foram coladas em lâminas de vidro e lixadas com abrasivo até a espessura de 0,03 mm para observação em microscópio petrográfico. Uma amostra que estava muito friável foi submetida à impregnação por resina antes de ser cortada.

#### 4.2.4. DIFRATOMETRIA POR RAIOS X

A difratometria de raios X foi realizada com equipamento disponível no Laboratório de Minerais e Rochas - LAMIR da UFPR, com amostras de recifes de arenito desagregadas em moinho giratório.

#### 4.2.5. AS DATAÇÕES AO $^{14}\text{C}$

Uma amostra retirada por testemunho com 50 cm de comprimento por 5 cm de diâmetro forneceu a quantidade de matéria orgânica necessária para a realização de datação ao  $^{14}\text{C}$  pelo método AMS (*accelerator mass spectrometry*) no *Radiocarbon Dating Laboratory* (Canadá). As outras datações foram realizadas pelo método convencional nos laboratórios do CENA-USP em fragmentos de madeira e matéria orgânica presentes nos sedimentos da plataforma interna. Os resultados

foram calibrados com o programa CALIB 4.4 (STUIVER & REIMER 1993) utilizando-se variação de carbono residual ( $\Delta R$ ) de  $63 \pm 29$  anos determinado por ANGULO *et al.* (2005), utilizando-se dois sigmas para uma maior precisão do resultado.

#### 4.2.6. AS TENDÊNCIAS DE TRANSPORTE DE MATERIAL

Para tentar investigar padrões de transporte de material na região, foram escolhidas as amostras de sedimentos mais ao sul da área de estudo associados ao delta da desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá, por serem representativos do empilhamento de sedimentos de sul para norte sobre o efeito molhe hidráulico do canal da Galheta (figura 4.2.6.1).

Os parâmetros estatísticos (média granulométrica, assimetria e seleção) foram processados nos programas GSTA (GAO, 1996), GSTAST (CHANG *et al.*, 2001) e TRANSVEC (le ROUX, *et al.*, 2002) para a obtenção dos vetores de transporte de sedimentos. A amostra de número 42 foi considerada como sedimento palimpsético (VEIGA *et al.*, 2003) e os parâmetros estatísticos substituídos pela média dos dados referentes a seus pontos vizinhos. Os vetores foram plotados com o auxílio do programa SURFER® 7.0 da *Golden Software Corporation*, que requer o trabalho adicional de multiplicar as direções de vetores resultantes por (-1) pois gira os vetores no sentido anti-horário ao plotá-los.

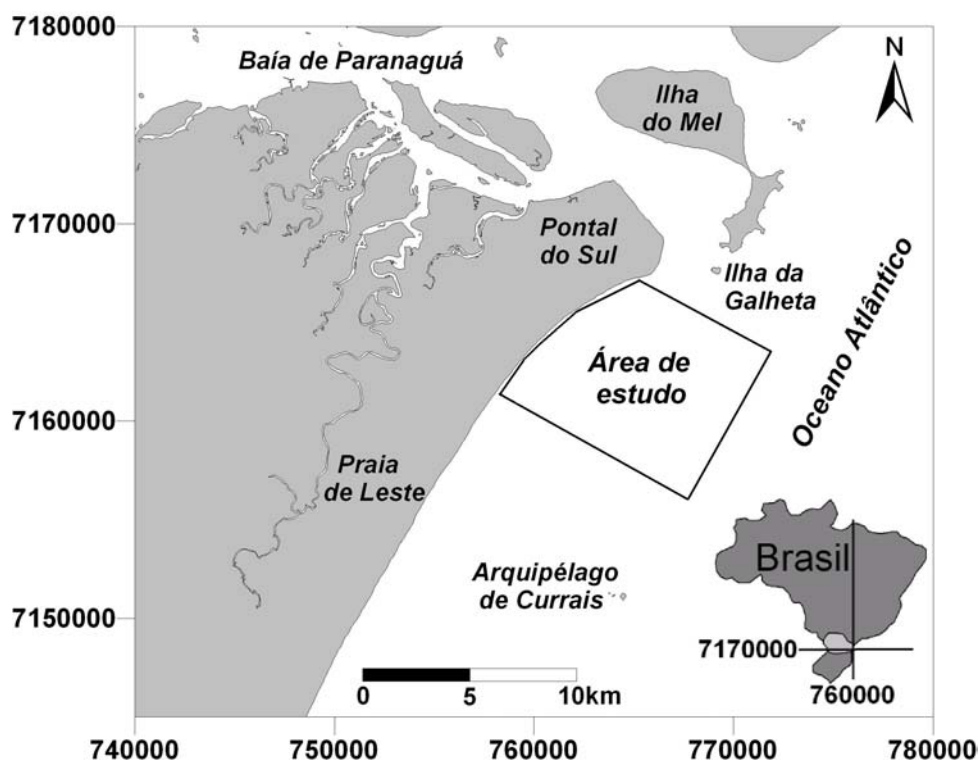


Figura 4.2.6.1 - Localização da área de estudo de vetores de transporte.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. A BATIMETRIA

A plataforma interna na porção central do litoral paranaense apresenta gradientes suaves, entre 1/65 e 1/700, o que resulta em um padrão de isóbatas bastante afastadas como pode ser observado na figura 5.1.1.

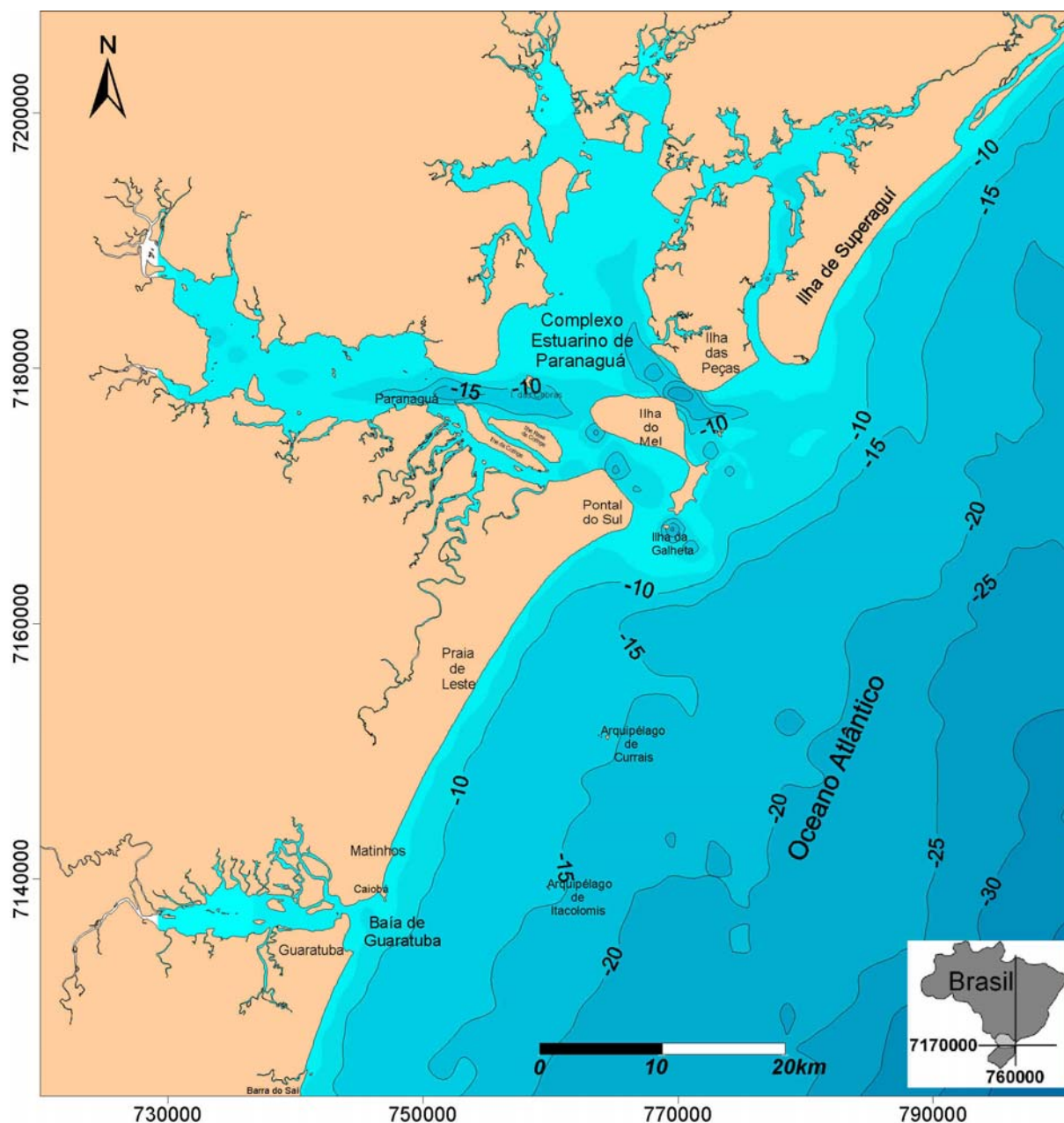


Figura 5.1.1 - Características batimétricas do litoral paranaense.

Também se observa uma variação dos gradientes topográficos ao longo da plataforma, sendo possível distinguir três segmentos: i) entre o nível médio do mar e 7 m de profundidade, o gradiente fica em torno de 1/65; ii) entre 7 e 12 m de

profundidade o gradiente fica em torno de 1/300; iii) e entre 12 e 15 m de profundidade o gradiente diminui até 1/700. Isto para os perfis típicos de plataforma pois, quando há influência do delta, os padrões se alteram consideravelmente. Altos fundos podem ser observados a oeste dos arquipélagos de Currais e Itacolomis. No extremo norte da área situa-se o delta de maré vazante associado à desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá, formando uma área mais rasa com características batimétricas diferentes. Foi gerado um bloco-diagrama com exagero vertical de 500 vezes para apresentação do relevo submarino como mostra a figura 5.1.2. O relevo apresenta várias mudanças na declividade, próximo à isóbata de 10, 20, 30, 35 e 40 metros.

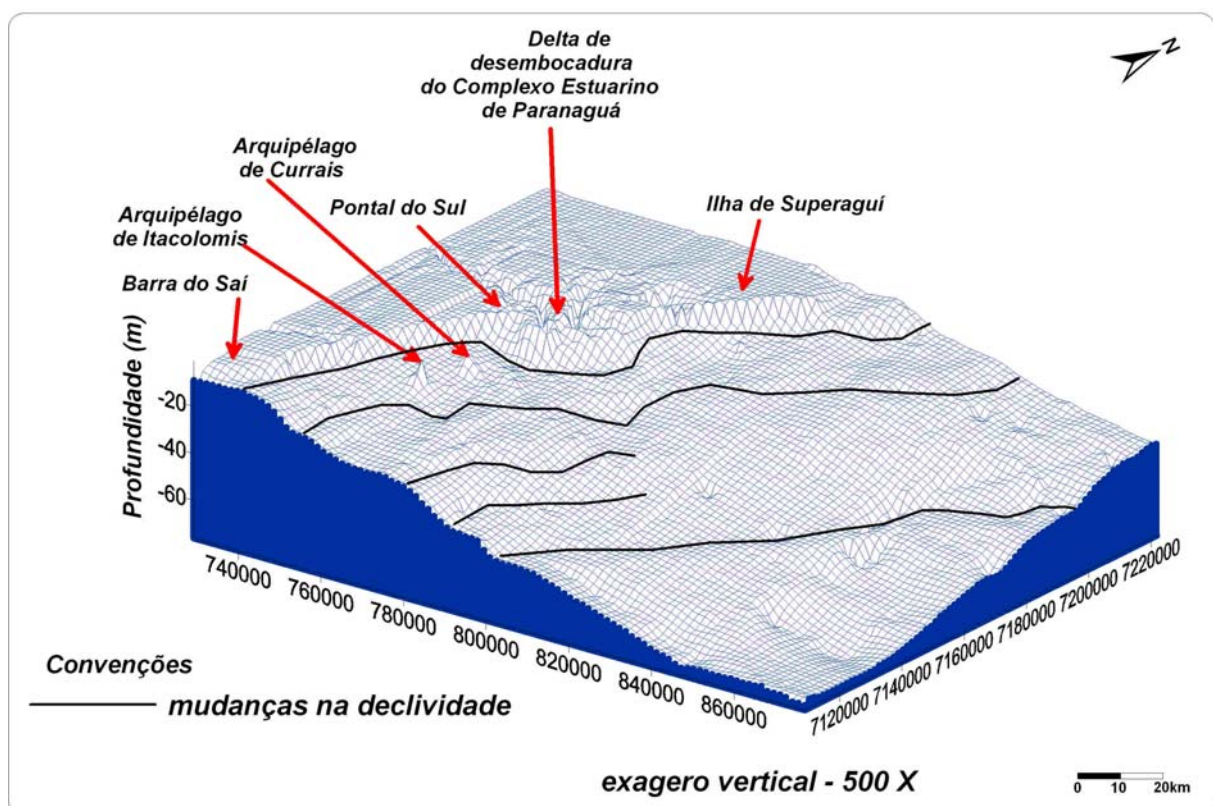


Figura 5.1.2 - Relevo do fundo oceânico no litoral paranaense.

Ao longo de 16 perfis transversais à linha de costa, foram coletados dados batimétricos (figura 5.1.3). Estes dados corroboram as características já descritas, ficando evidente a mudança de gradiente a partir dos 7 m de profundidade e a ocorrência de altos fundos relacionados com os corpos de areia média a grossa. O perfil H reflete a ocorrência do Arquipélago de Currais. A figura 5.1.4 mostra os perfis típicos para a área de estudo.



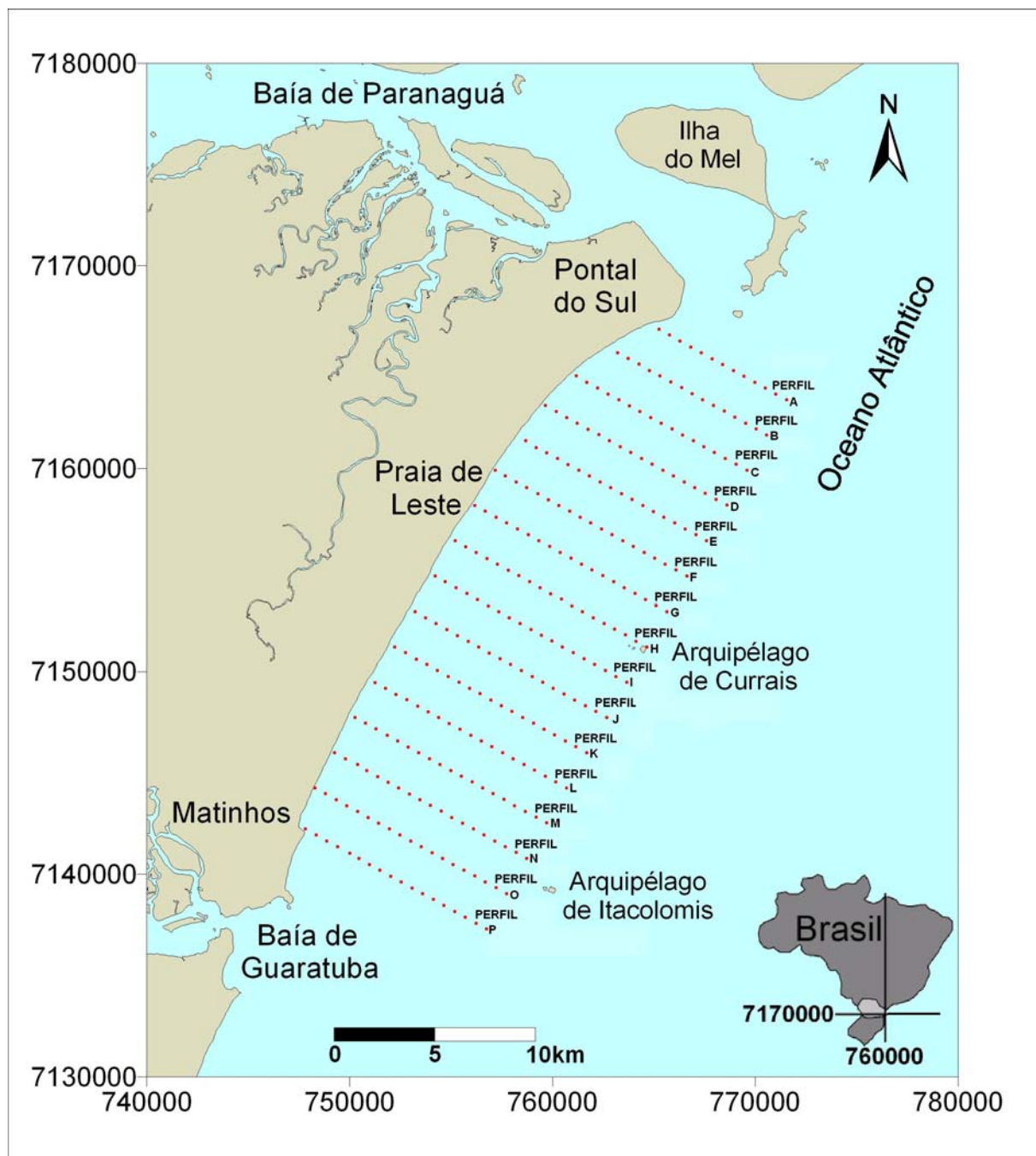


Figura 5.1.3 - Localização dos 16 perfis batimétricos realizados após análise de informações de cartas náuticas.

Além destes, também foram plotados os perfis batimétricos obtidos ao longo dos transectos realizados com equipamento perfilador de correntes acústico Doppler - ADCP. Todos os perfis estão relacionados no apêndice I.

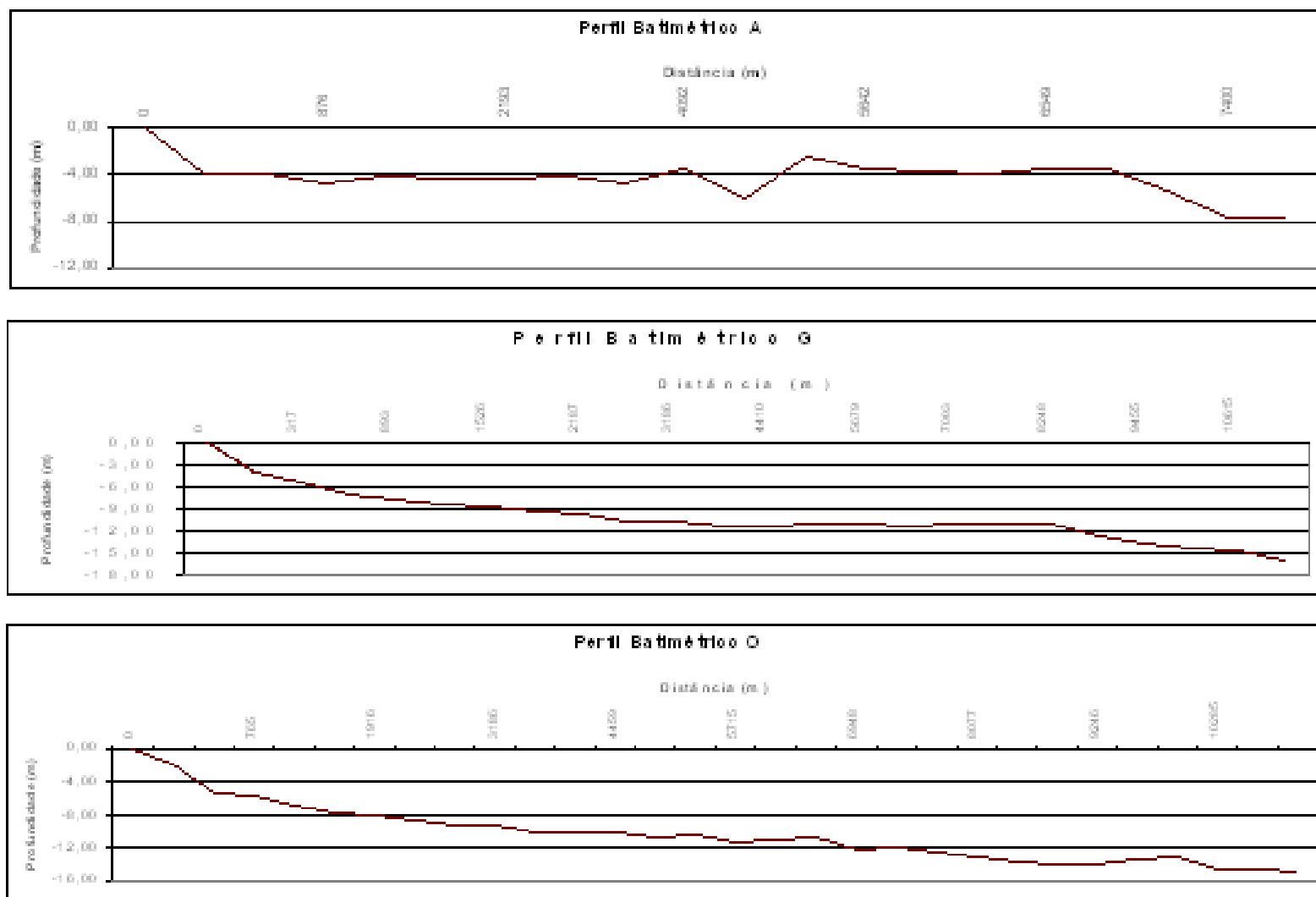


Figura 5.1.4 - Perfil A típico da área do delta da desembocadura sul do CEP. Perfil G característico da porção central da área. Perfil P típico da porção sul da área onde ocorrem corpos de areia grossa associados aos altos fundos observados no perfil.

## 5.2. CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS

Observando-se os a média granulométrica e os histogramas de frequência das amostras de sedimentos analisadas, podem ser identificados cinco tipos distintos:

1) as areias fina e muito fina do delta de maré vazante associado à desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá (figuras 5.2.1 e 5.2. 6), envolvendo o perfil A e a maior parte do perfil B, caracterizam-se pela concentração dos grãos nos intervalos de  $\Phi$  3 e 3,5, quase não ocorrendo grãos em outros intervalos.

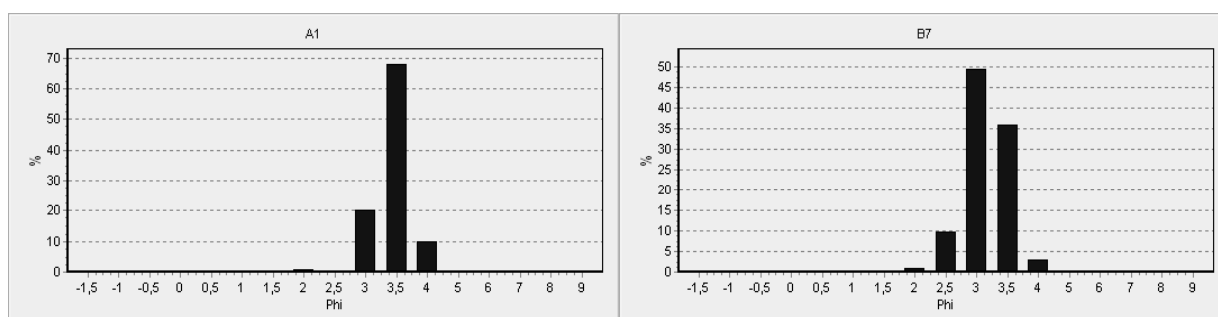


Figura 5.2. 1 - Resultados típicos das areias finas e muito finas do delta.

2) as areias muito finas próximas à costa, com porcentagens de silte e argila entre 10 e 40 % (figuras 5.2.2 e 5.2.6), apresentam uma distribuição ampla de intervalos granulométricos e são caracteristicamente bimodais, com as modas predominantes situadas principalmente nas classes de  $\Phi$  2,5 e 3 e classes 5 e 6.

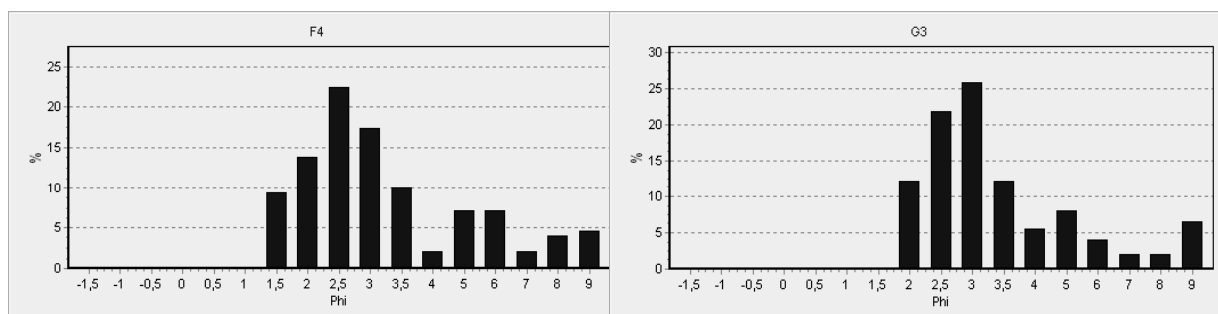


Figura 5.2.2 - Resultados típicos das areias muito finas próximas à costa com teores de finos entre 10 e 40%.

3) as areias média e grossa (figuras 5.2.3 e 5.2.6) com distribuição em várias classes de  $\Phi$  porém caracteristicamente unimodais.

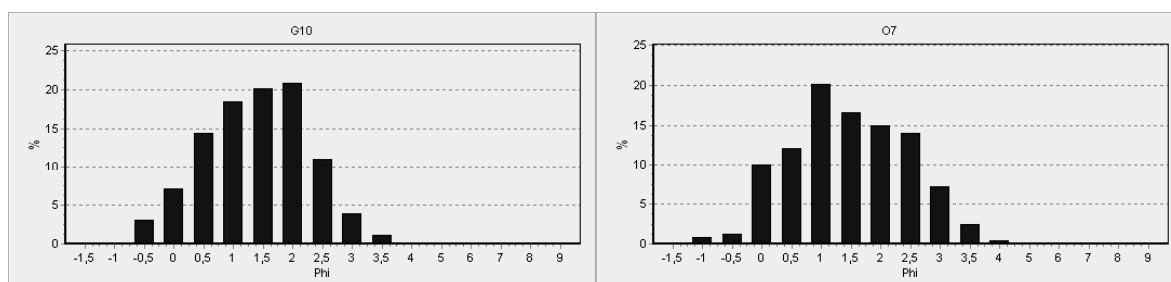


Figura 5.2.3 - Resultados típicos das areias médias e grossas.

4) as areias finas da plataforma na faixa dos 10 a 15 m de profundidade (figuras 5.2.4 e 5.2.6), unimodais porém diferenciando-se das areias finas do delta de maré vazante por apresentarem uma distribuição em mais intervalos de  $\Phi$ .

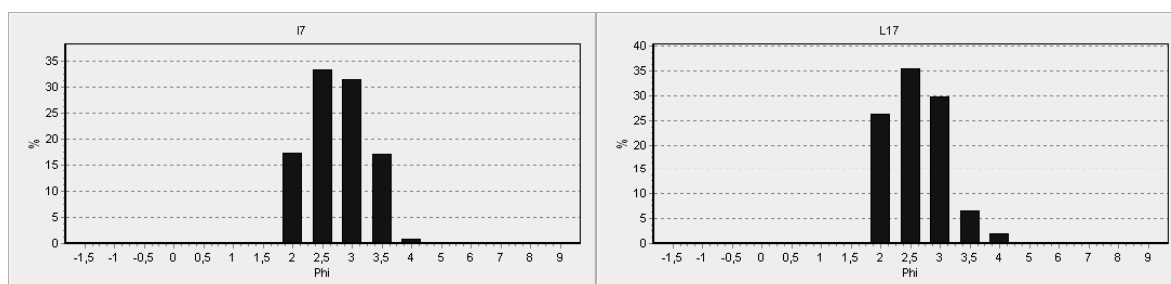


Figura 5.2.4 - Resultados típicos das areias finas da faixa dos 10 a 15 m de profundidade.

5) as areias finas a muito finas pertencentes às barras do início da zona de arrebenção (figuras 5.2.5 e 5.2.6), que foram amostradas apenas em alguns perfis (C, D, F, G, O e P) e apresentam histogramas semelhantes aos das areias do delta de maré vazante.

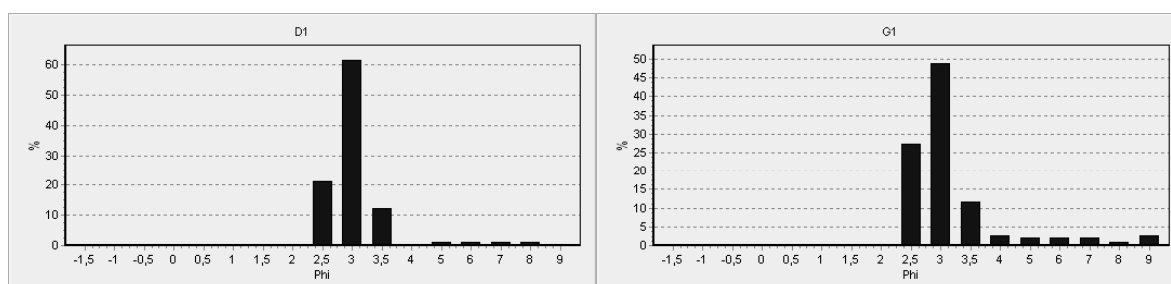


Figura 5.2.5 - Resultados típicos das areias finas a muito finas das barras.



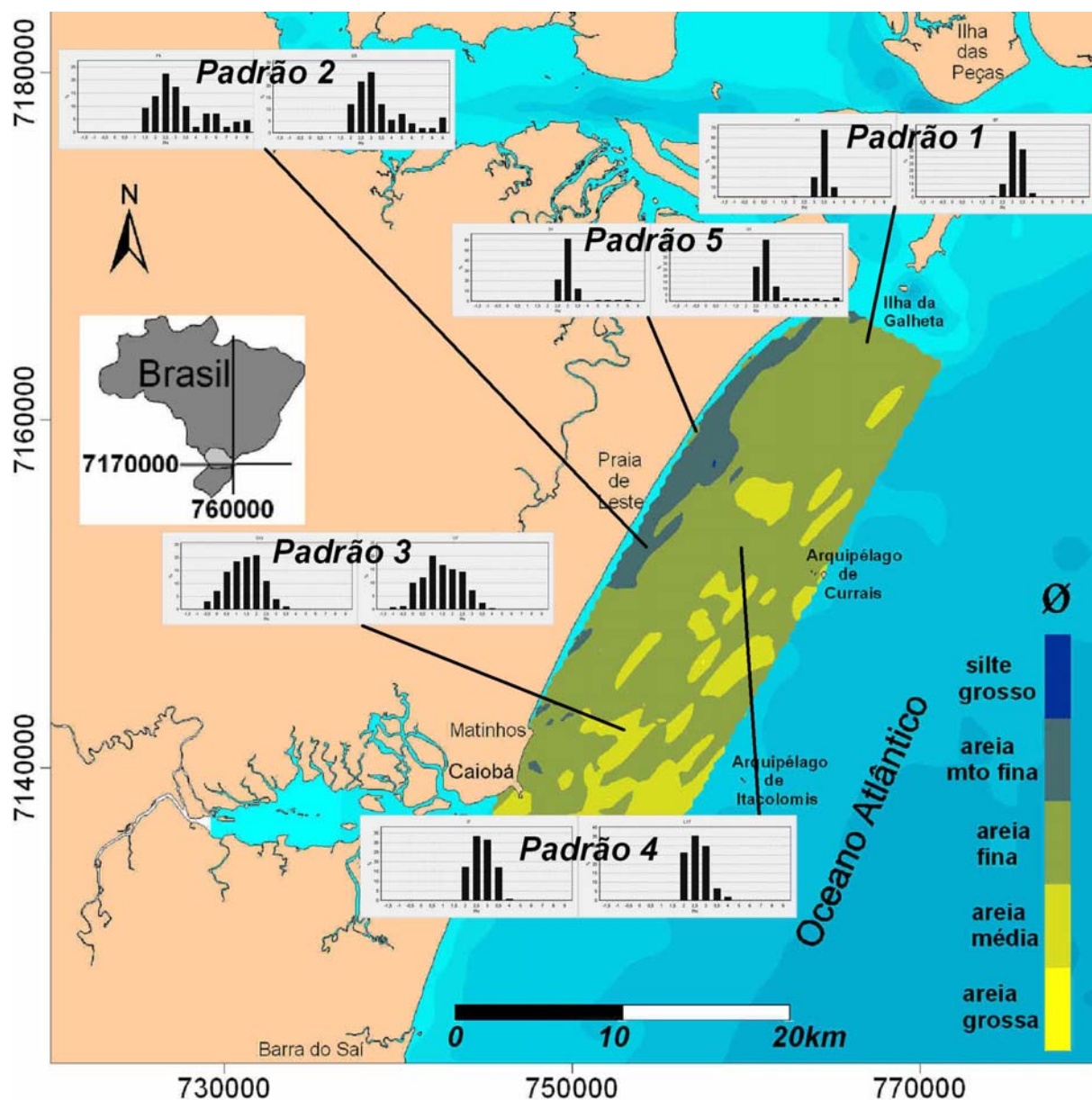


Figura 5.2.6 – Área de ocorrência dos diferentes padrões de distribuição granulométrica observados em histogramas no mapa da cobertura sedimentar.

Observando-se o mapa de isolinhas confeccionado a partir dos parâmetros granulométricos calculados, pode-se notar que a média granulométrica dos sedimentos encontra-se predominantemente na faixa da areia fina. Corpos de areia média a grossa ocorrem entre os 10 e 15 m de profundidade, sendo mais comuns na parte sul da área. Junto à costa, entre os 5 e 10 m de profundidade, ocorre uma faixa de areia muito fina com teores de finos (silte + argila) entre 10 e 40 %. A

largura desta faixa é maior na parte noroeste da área, onde pode ultrapassar 2 km de largura (figura 5.2.7).

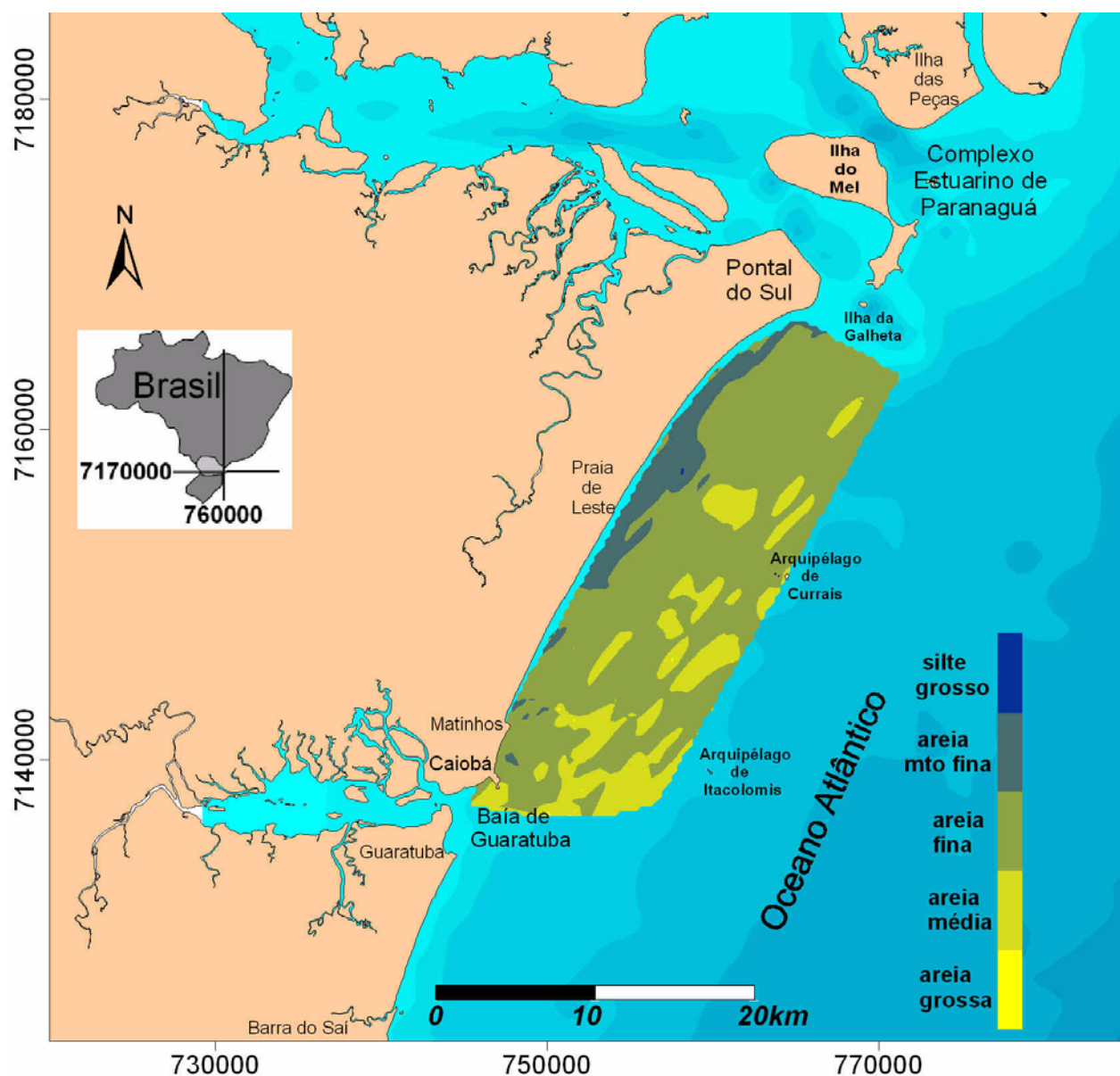


Figura 5.2.7 - Distribuição do diâmetro médio nos sedimentos de fundo da plataforma interna da porção central do litoral paranaense, segundo a classificação nominal de FOLK & WARD (1957).

Quanto ao grau de seleção, predominam sedimentos moderadamente a bem selecionados (figura 5.2.8). Na faixa próxima à costa, as areias muito finas com teores de finos entre 10 e 40 % são predominantemente pobremente selecionadas. Já as areias muito finas associadas ao delta de maré vazante são bem a muito bem

selecionadas. As areias médias e grossas são geralmente moderadamente selecionadas.

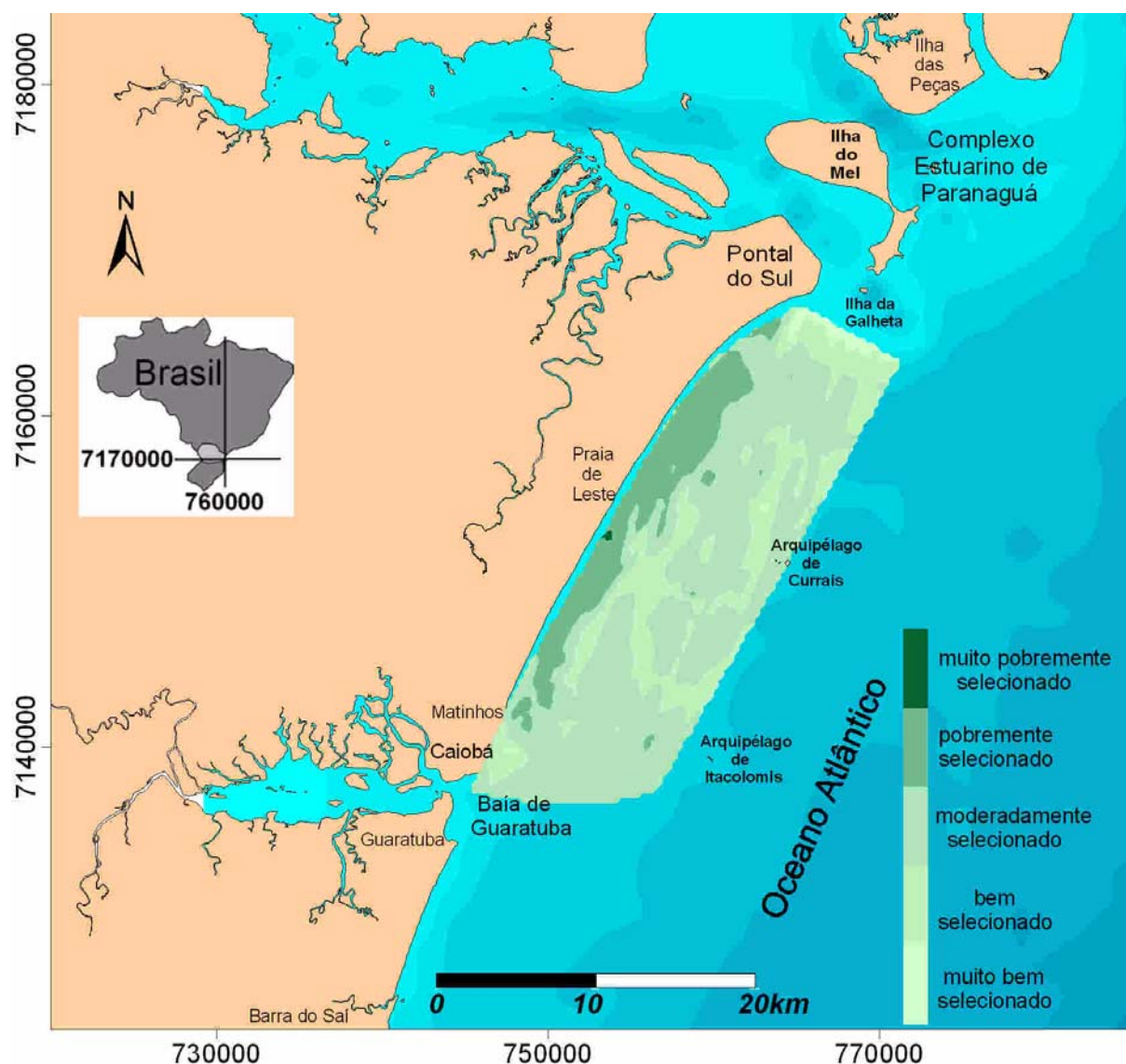


Figura 5.2.8 – Grau de seleção dos sedimentos da plataforma interna na porção central do litoral paranaense.

Na plataforma interna rasa na porção central do litoral paranaense predominam os sedimentos com assimetria negativa a aproximadamente simétricos (figura 5.2.9). Os sedimentos próximos à costa entre as profundidades de 5 e 10 m, compostos de areia muito fina com teores de finos entre 10 e 40 %, apresentam assimetria positiva. Já entre os 10 e 15 m, onde ocorrem os corpos de areia média e grossa, predomina a assimetria negativa e muito negativa.



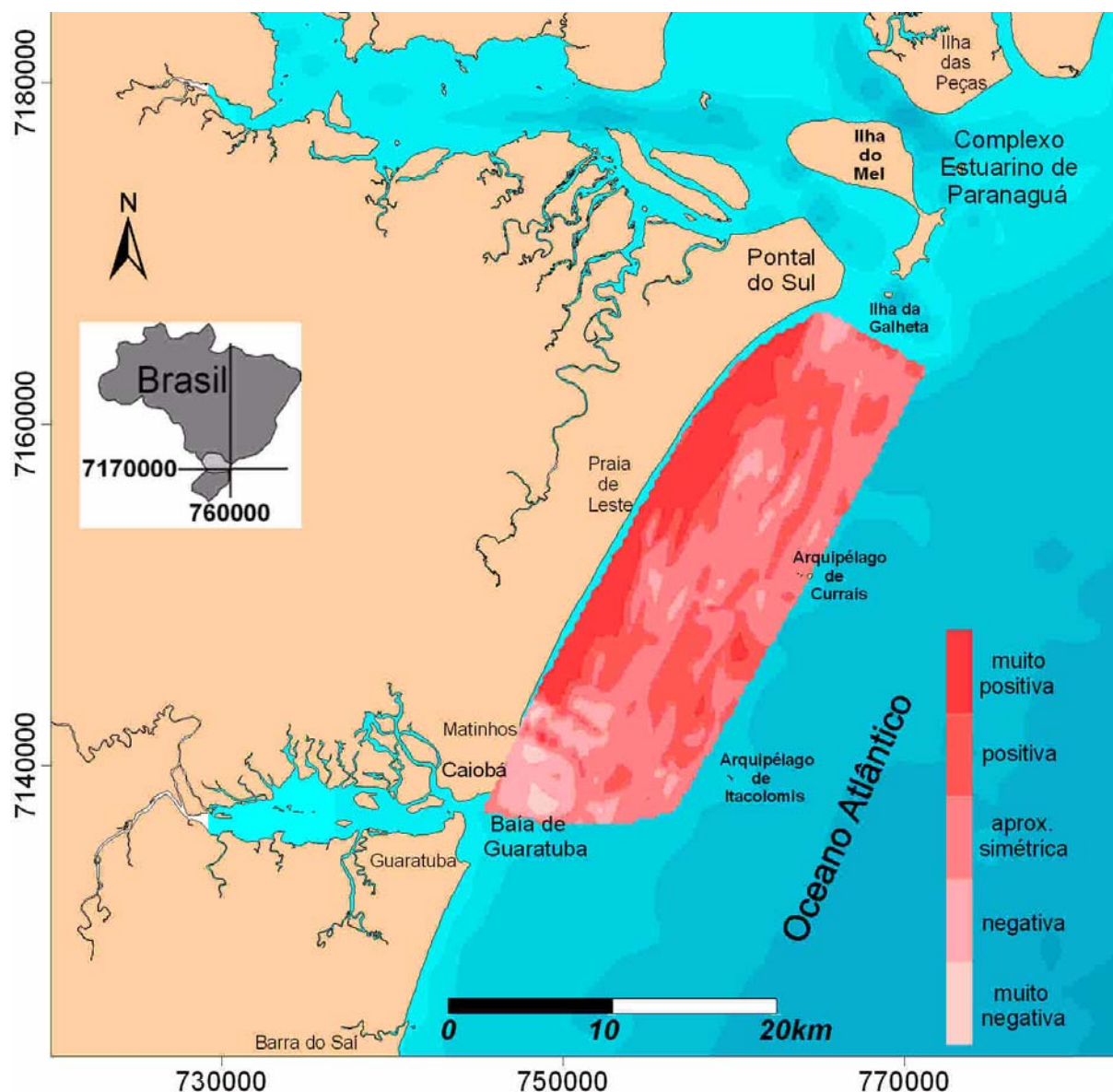


Figura 5.2.9 – Assimetria dos sedimentos da plataforma interna na porção central do litoral paranaense.

Os teores de matéria orgânica nos sedimentos da área estudada são predominantemente inferiores a 2,5 %. Na faixa entre 5 e 10 m de profundidade, onde ocorrem areias muito finas com altos teores de finos, os teores de matéria orgânica podem alcançar valores superiores a 10 %. O valor máximo observado foi de 12 % (figura 5.2.10).

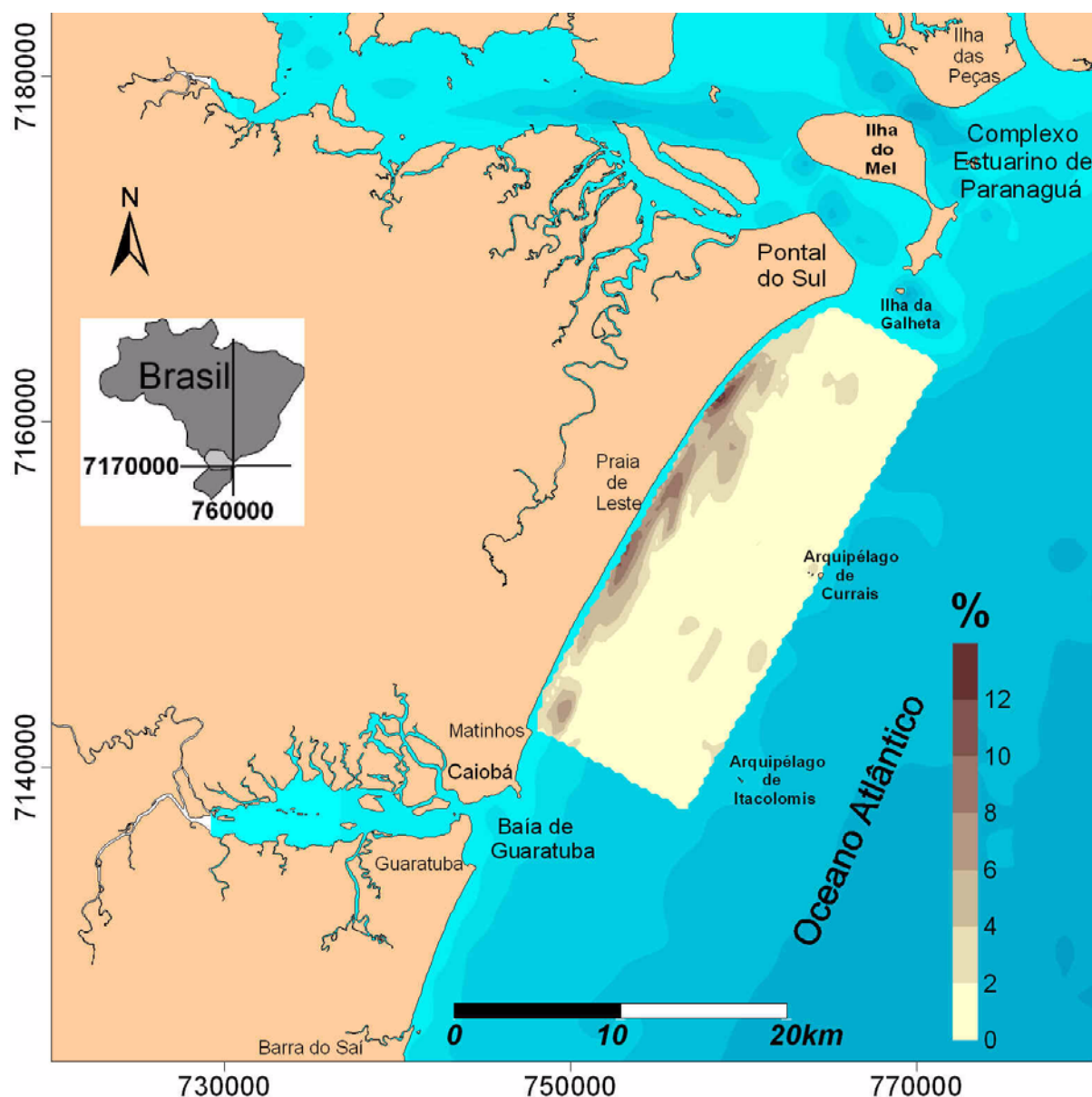


Figura 5.2.10 – Teor de matéria orgânica presente nos sedimentos da plataforma interna na porção central do litoral paranaense.

Já os teores de carbonato são usualmente inferiores a 5 %. Os teores mais elevados, entre 7,5 e 15 %, ocorrem na faixa de sedimentos com altos teores de finos entre as profundidades de 5 e 10 m. Também se observam teores elevados onde ocorrem as areias média e grossa, fato corroborado pela análise com lupa binocular, em que observou-se fragmentos de conchas (figura 5.2.11).

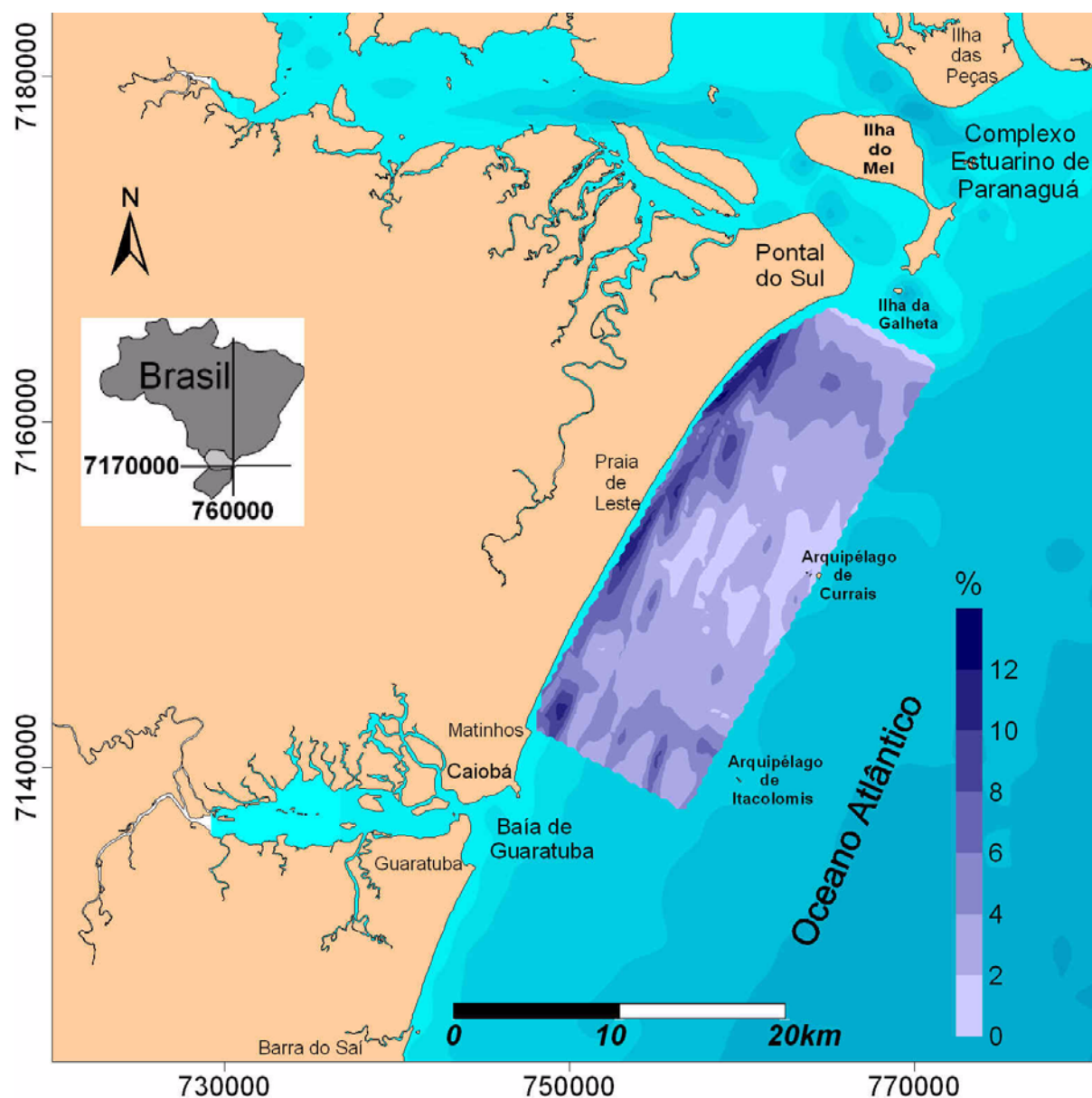


Figura 5.2.11 – Teores de carbonato total nos sedimentos da plataforma interna na porção central do litoral paranaense.

Depois de estabelecidos os parâmetros granulométricos das amostras, três programas de computador foram utilizados para a investigação de vetores de tendências de transporte de material na área, para avaliar resultados e diferenças entre cada eles.

A figura 5.2.12 apresenta os vetores de transporte de materiais gerados pelo programa GSTA (GAO, 1996) para as 81 amostras com um fator  $A$  igual a 1 por que as coordenadas dos pontos são em UTM e uma distância característica de 2200 metros (a maior distância entre um ponto e seus vizinhos é 2000 metros).

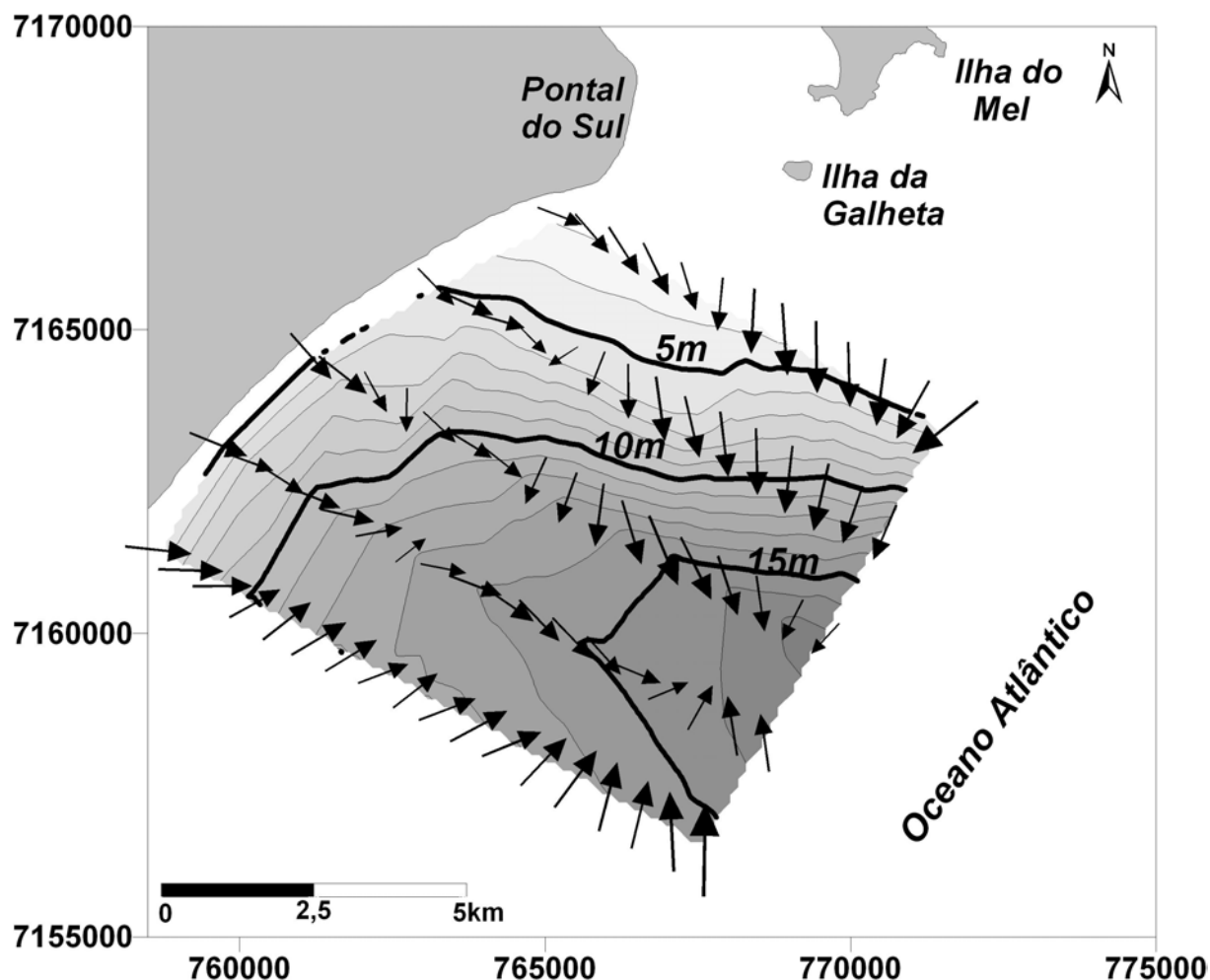


Figura 5.2.12 - Vetores de transporte gerados pela aplicação do programa GSTA (GAO, 1996).

A figura 5.2.13 apresenta os vetores de transporte de materiais validados pelo programa GSTAST (CHANG, *et al.*, 2001), considerando-se um número de repetição de estações empíricas igual a 160, distância característica ( $D_{cr}$ ) de 2200 metros e um valor de  $t$  (coeficiente para o intervalo de confiança de 95%) igual a 1,645 que significa um intervalo de confiança de 95%, como sugerido pelos autores. Estes parâmetros resultaram na validação de 27 vetores dos 81 possíveis. Alterando-se o número de repetições para 100, o número de vetores possíveis foi de 26 (todos contidos nos 27 anteriores) e para 1000 e 5000 repetições, 25 vetores foram

validados e contidos nos 27 primeiros. O valor de  $t$  foi mantido em 1,645 para todos os cálculos. Alterando-se o valor de  $t$  poder-se-ia conseguir a validação de mais vetores porém, o teste de significância não atingiria o valor recomendado de 95% para o intervalo de confiança.

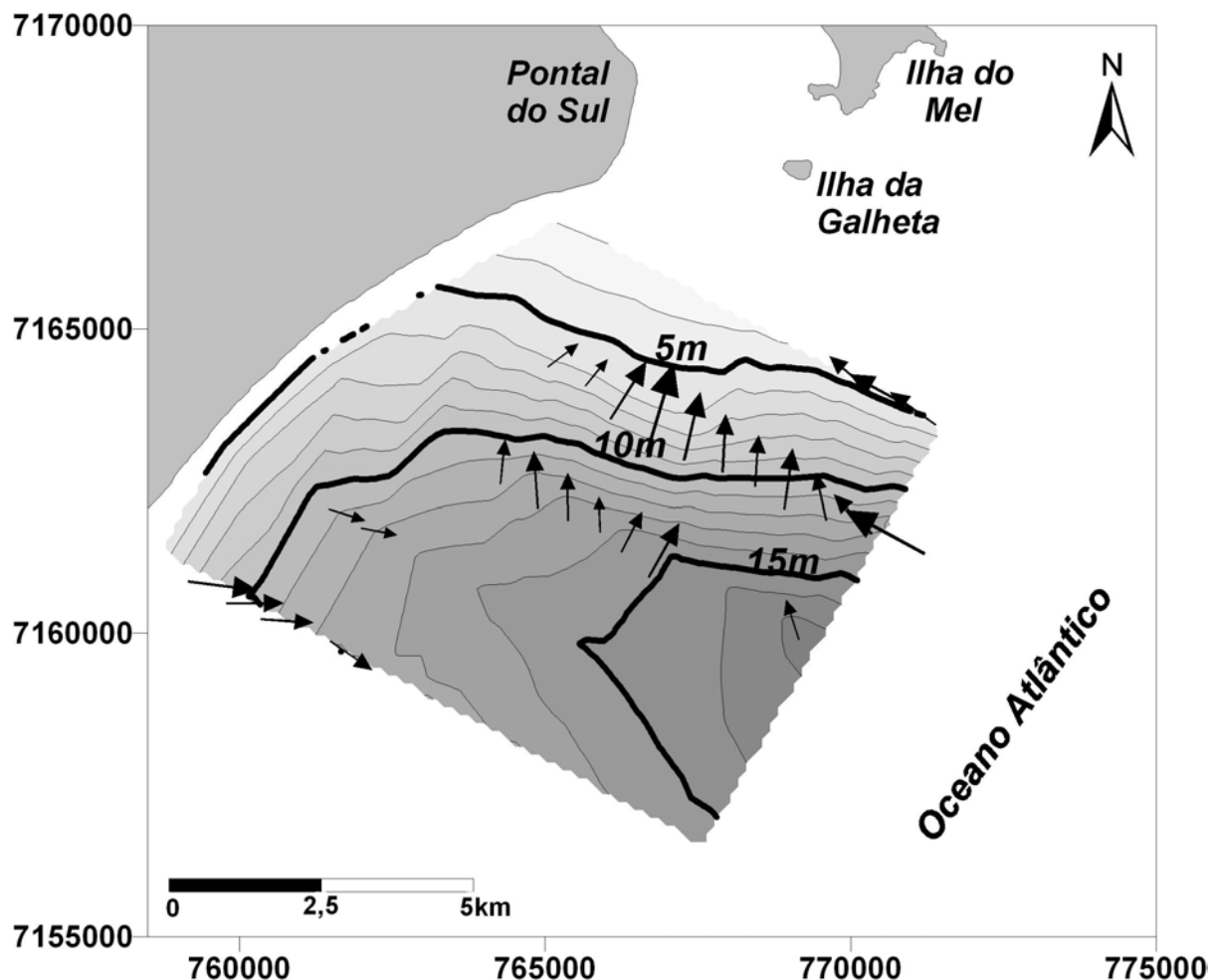


Figura 5.2.13 - Vetores de transporte validados pelo programa GSTAST (CHANG, *et al.*, 2001).

O programa TRANSVEC (leROUX *et al.*, 2002) foi utilizado para gerar os vetores válidos mostrados na figura 5.2.14 considerando-se os quatro tipos principais de tendências de transporte. O raio de procura foi fixado em 3 vezes a média da distância entre as estações, peso para o cálculo estatístico de 33% para média granulométrica, 33% para seleção e 34% para assimetria. Alterando-se o parâmetro do raio de procura, não houve mudança significativa no resultado, bem



como alterando o peso dos parâmetros estatísticos granulométricos. Mesmo quando alterados significativamente. Foram gerados 18 vetores válidos após a execução do teste de Watson e 13 vetores após a operação de homogeneização (*smooth vectors*) que foram utilizados para plotagem.

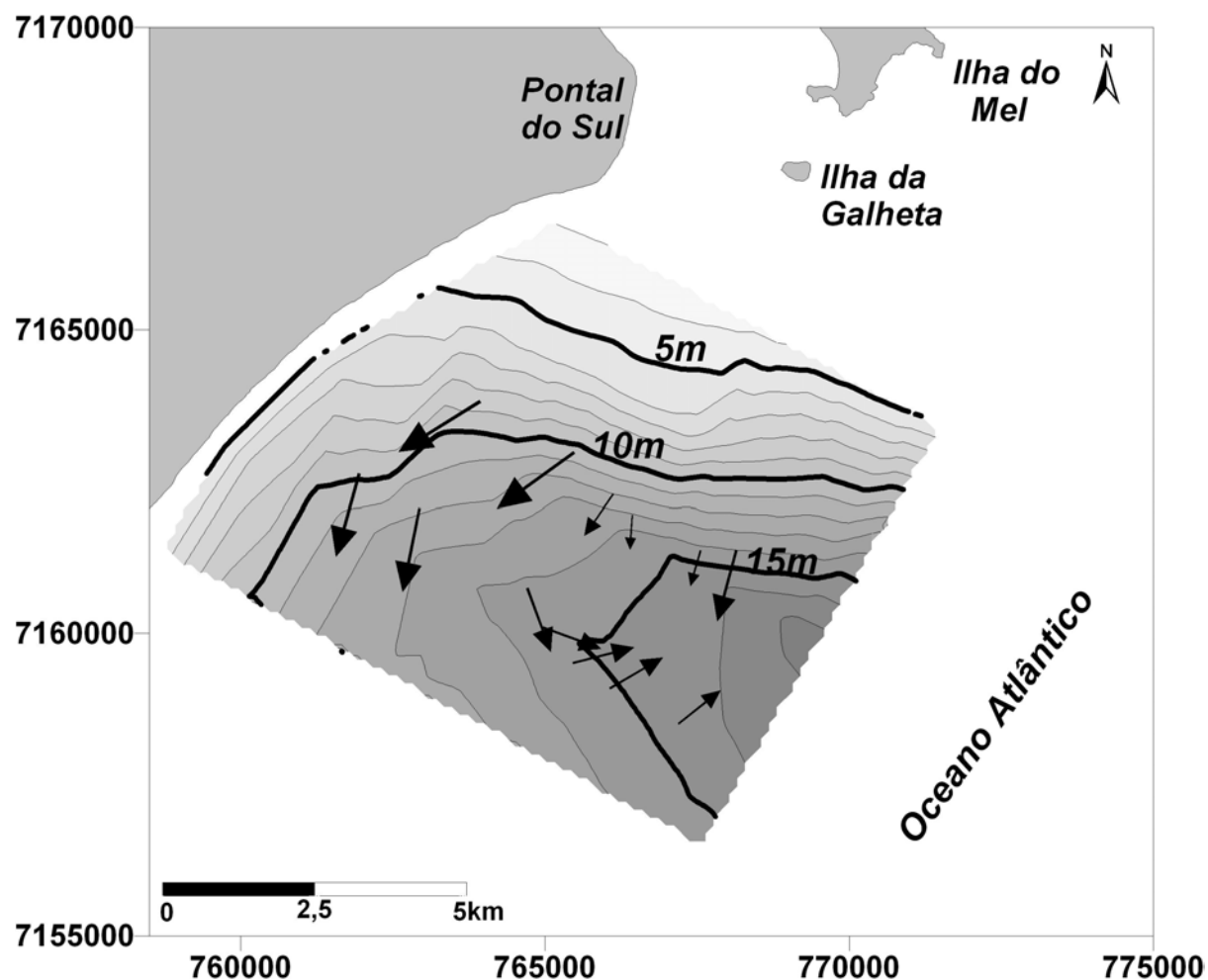


Figura 5.2.14 - Vetores de transporte validados pelo programa TRANSVEC (eROUX, 2002).

### 5.3.OS RECIFES DE ARENITO

Foram localizados e amostrados 5 pontos de ocorrência de recifes de arenito em diferentes profundidades como mostra a figura 5.3.1.

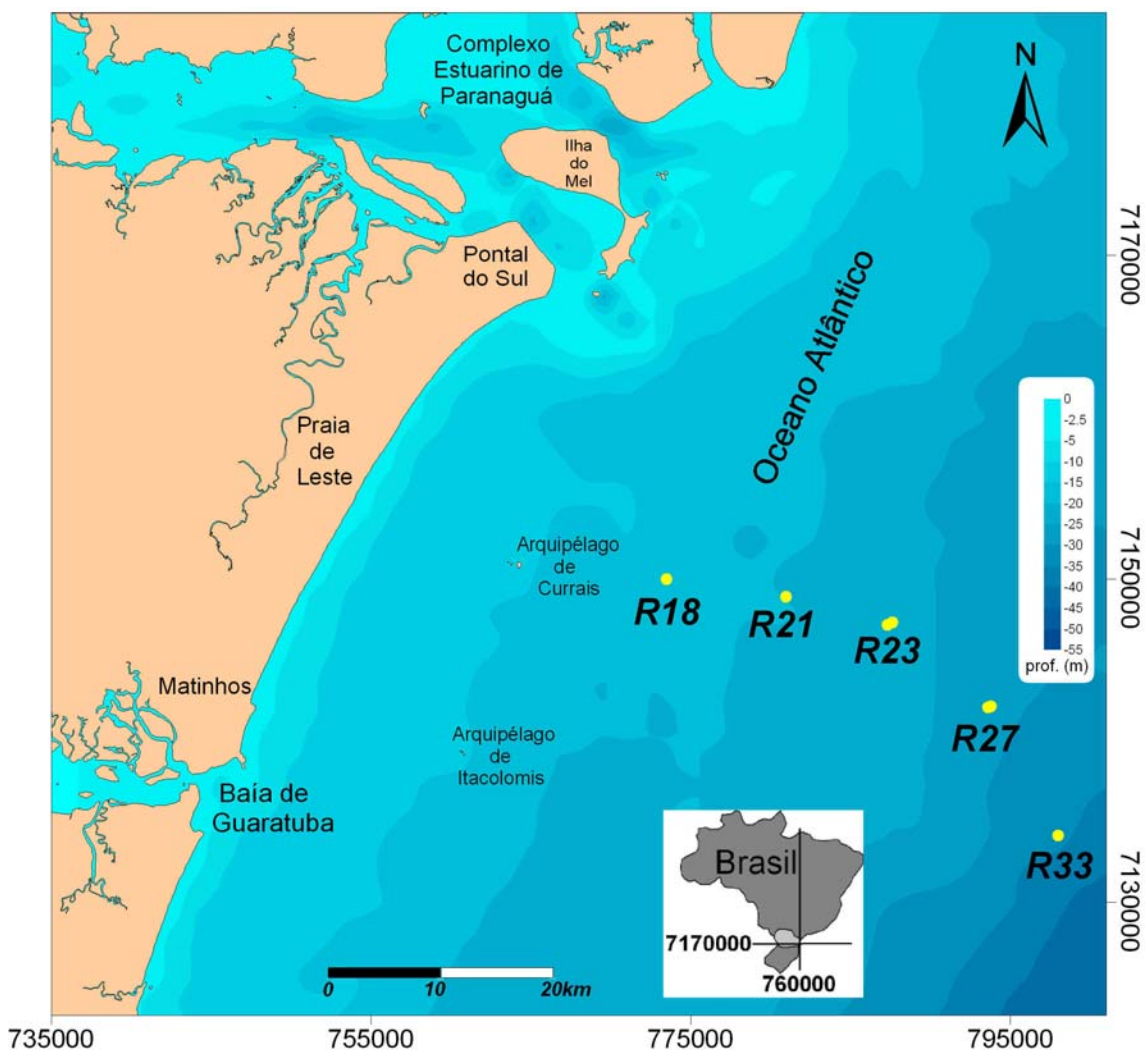


Figura 5.3.1 - Localização dos recifes de arenito amostrados.

Os arenitos apresentam-se cobertos de incrustações e organismos. O grau de litificação e a textura apresentam diferenças marcantes. O intemperismo também é de grau variado, ocorrendo dissolução diferencial do cimento (intemperismo químico) e a ação de organismos marinhos (intemperismo biológico).

A rocha encontrada a 33 m de profundidade está bastante alterada e ocorre em afloramentos esparsos de 0,5 a 1 m de diâmetro. O arcabouço da rocha é constituído por areia grossa e grânulos de quartzo, entre 1 e 3 mm e fragmentos de conchas entre 2 e 4 mm (figura 5.3.2).



Figura 5.3.2 - Arenito composto por areia grossa e grânulos de quartzo e fragmentos de conchas que ocorre a 33 m de profundidade.

O arenito que ocorre a 27 m de profundidade tem afloramentos de 1 a 3 m de extensão descontínuos, mas seguindo um alinhamento geral NE-SW. A superfície é irregular e com muitas incrustações de conchas e outros organismos recentes (poliquetas, anêmonas, corais, litófagos) (figura 5.3.3). Tem bom grau de litificação mas está muito alterado. É composto por areia fina com muitos fragmentos de conchas com cimento carbonático.



Figura 5.3.3 - Arenito composto por areia fina a média, com grânulos de quartzo e fragmentos de conchas que ocorre a 27 m de profundidade.

O arenito que ocorre a 23 m de profundidade tem poucos afloramentos e estes são com menos de 1,5 m de extensão. Sua superfície é irregular e com muitas incrustações de conchas recentes. Tem bom grau de litificação e é composto por areia fina com fragmentos de conchas e cimento carbonático. (figura 5.3.4).



Figura 5.3.4 - Arenito composto por areia fina, com fragmentos de conchas que ocorre a 23 m de profundidade.

O arenito que ocorre a 21 m de profundidade tem afloramentos de 1 a 3 m de extensão, descontínuos mas seguindo um alinhamento geral NE-SW. Tem o melhor grau de litificação observado, sendo muito resistente à desagregação manual. É composta por areia fina a muito fina, bem selecionada, com fragmentos de conchas e cimento carbonático (figura 5.3.5).



Figura 5.3.5 - Arenito composto por areia fina a muito fina, com fragmentos de conchas que ocorre a 21 m de profundidade.

O arenito que ocorre a 18 m de profundidade tem a superfície irregular por causa da alteração e dissolução. Ocorrem muitas incrustações de conchas e outros organismos recentes. A rocha tem bom grau de litificação e é composta por areia fina a média, mal selecionada e com muitos fragmentos de conchas em meio ao cimento carbonático. (figura 5.3.6).



Figura 5.3.6 - Arenito composto por areia fina a média com fragmentos de conchas que ocorre a 18 m de profundidade.

A observação em lâmina dos arenitos revelou grande semelhança em sua composição. Possuem cerca de 65% de quartzo e 25% de cimento carbonático, ocorrendo grãos dispersos de feldspato e minerais máficos, além de fragmentos de conchas e bioclastos perfazendo os 10% restantes. A textura do cimento é geralmente micrítica. porém, algumas diferenças texturais podem ser observadas no cimento. Algumas vezes os cristais estão mais desenvolvidos caracterizando cimento esparítico e outras vezes formam uma “massa” marrom.

Na amostra R33 observam-se na lâmina, grãos de quartzo mal selecionados que compõem 60% da rocha, fragmentos de conchas e bioclastos (10%), e, subordinadamente aparecem grãos de feldspato alterados e opacos (5%). A matriz carbonática tem textura micrítica em geral e perfaz 25% da rocha (figuras 5.3.7 a 5.3.10).



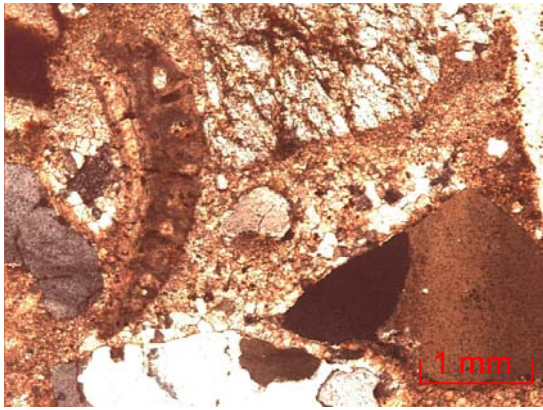


Figura 5.3.7 - Aspecto geral da lâmina da amostra R33 (Nicóis cruzados - XN).



Figura 5.3.8 - Detalhe de bioclasto na amostra R33 (XN).

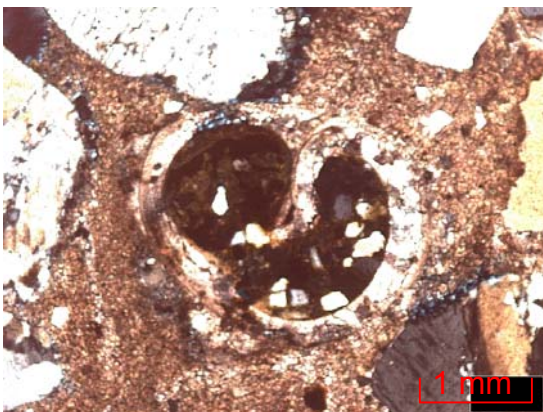


Figura 5.3.9 - Detalhe de fragmento de concha na amostra R33 (XN).

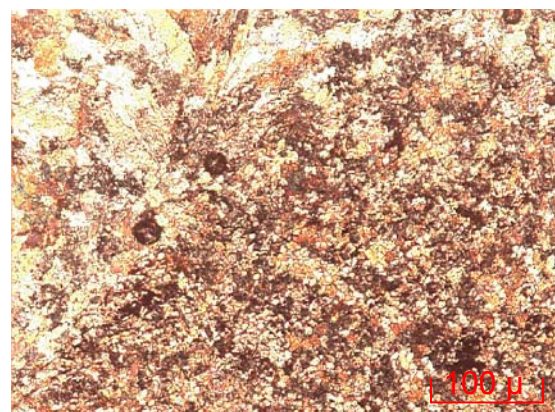


Figura 5.3.10 - Textura micrítica ao lado de cristais cimento esparítico (XN).

A lâmina confeccionada a partir da rocha encontrada no ponto R27 apresenta grãos de quartzo mal selecionados que compõe cerca de 60% da rocha. Ocorrem fragmentos de conchas e bioclastos (10%) e, subordinadamente, aparecem grãos de feldspato com diferentes graus de alteração que somados aos opacos perfazem 5% da rocha. A matriz carbonática tem textura micrítica e perfaz cerca de 25% da rocha. Pode-se observar a ocorrência de oólitos de carbonato na seção delgada confeccionada (figuras 5.3.11 a 5.3.16).





Figura 5.3.11 - Aspecto geral da lâmina R27 indicando má seleção dos grãos de quartzo predominantes (XN).

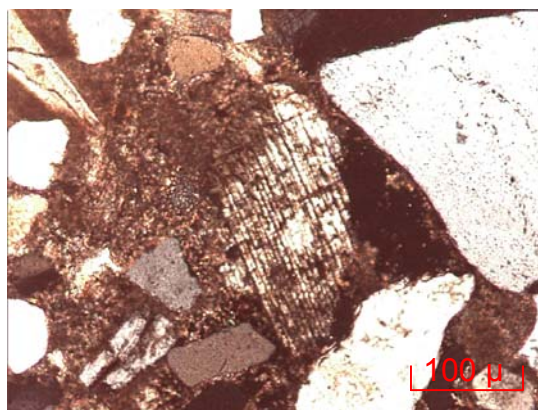


Figura 5.3.12 - Aspecto do feldspato alterado na lâmina R27 (XN).

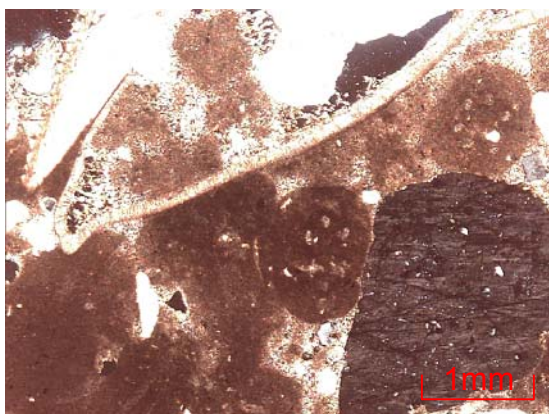


Figura 5.3.13 - Bioclastos e oólitos na lâmina R27 (XN).

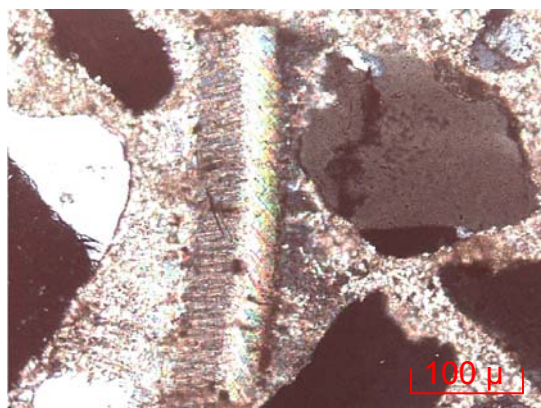


Figura 5.3.14 - Aspecto de bioclasto na lâmina R27 (XN).

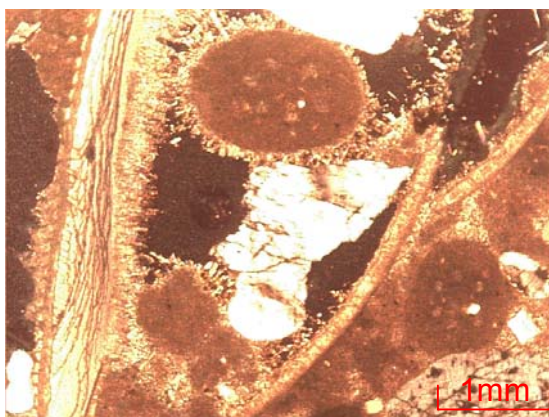


Figura 5.3.15 - Fragmentos de conchas e oólitos na lâmina R27 (XN).

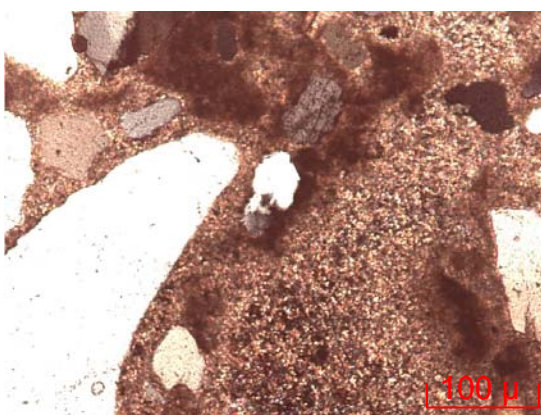


Figura 5.3.16 - Aspecto da matriz micrítica na lâmina R27 (XN).

A rocha encontrada no ponto R23 é composta por grãos de quartzo (65%) e, em menor escala, feldspato e opacos (5%). Ocorrem fragmentos de conchas e fragmentos vegetais (5%). Os feldspatos estão alterados e a presença de bioclastos é observada. O cimento é carbonático com textura



predominantemente micrítica perfazendo cerca de 25% da rocha total (figuras 5.3.17 a 5.3.22).

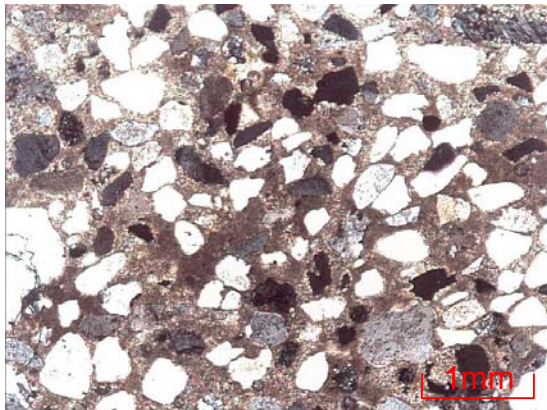


Figura 5.3.17 - Aspecto da lâmina delgada confeccionada com a amostra R23 (XN).



Figura 5.3.18 - Fragmentos de conchas na amostra R23 (XN).

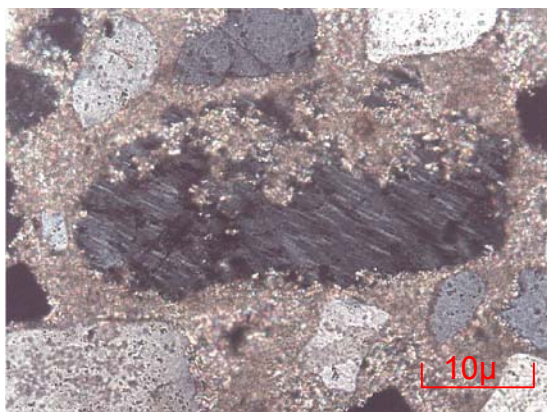


Figura 5.3.19 - Feldspato alterado na lâmina R23 (XN).

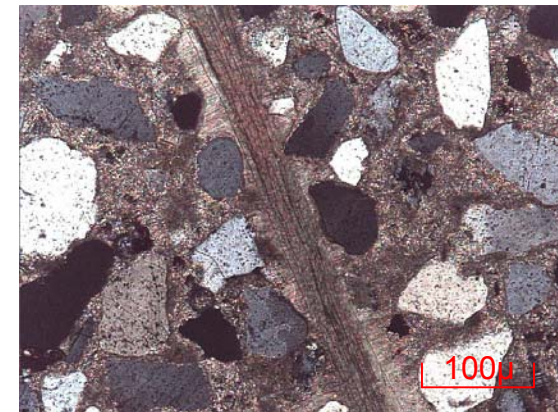


Figura 5.3.20 - Provável resto vegetal na lâmina R23 (XN).



Figura 5.3.21 - Bioclasto amostra R23 (XN).

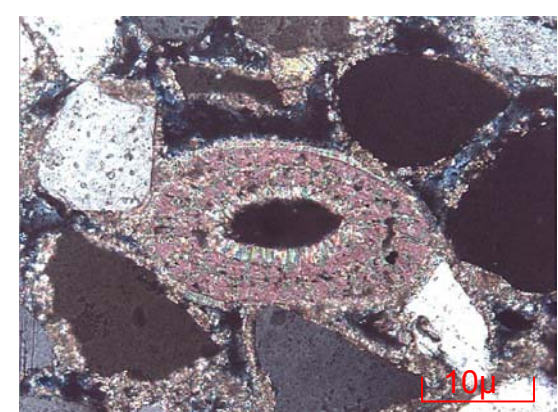


Figura 5.3.22 - Bioclasto amostra R23 (XN).

A rocha encontrada no ponto R21 é composta por grãos de quartzo (65%) e feldspatos (5%) quase sempre muito alterados. Ocorrem fragmentos de conchas e vegetais e bioclastos (5%). É uma rocha composta por grãos



bem selecionados e com cimento carbonático (25%) com textura micrítica (figuras 5.3.23 a 5.3.28).

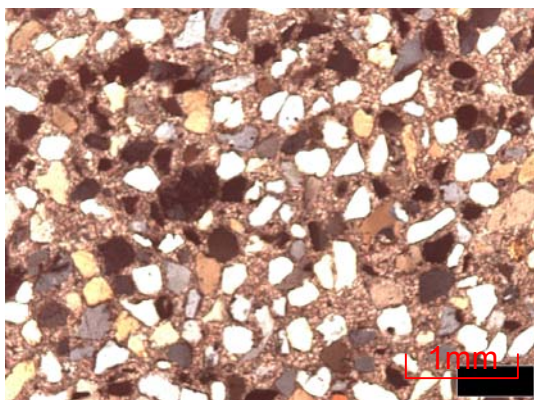


Figura 5.3.23 - Aspecto geral da lâmina R21 (XN).

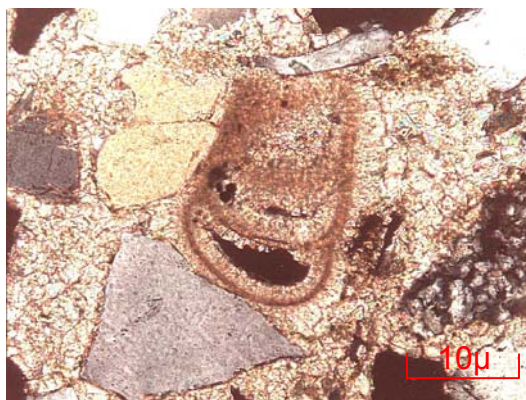


Figura 5.3.24 - Bioclasto na lâmina R21 (XN).

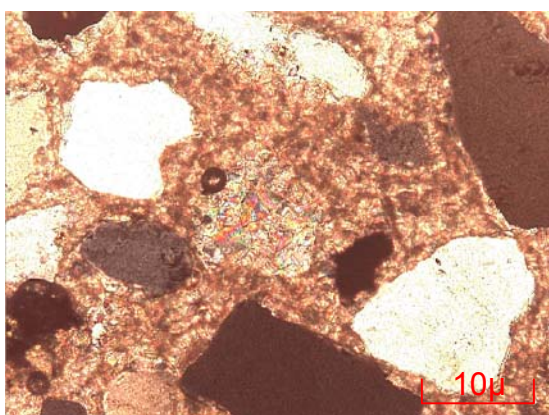


Figura 5.3.25 - Aspecto dos cristais de carbonato da matriz na amostra R21 (XN).

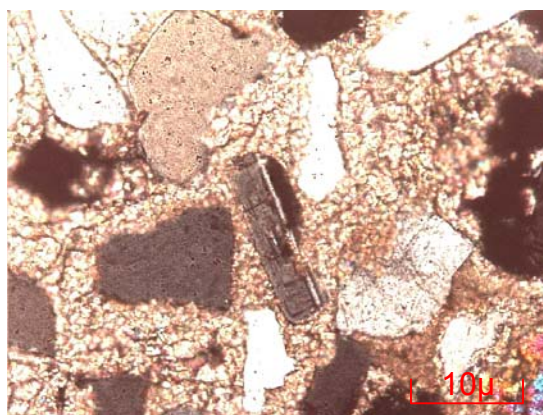


Figura 5.3.26 - Cristal de feldspato alterado na lâmina R21 (XN).

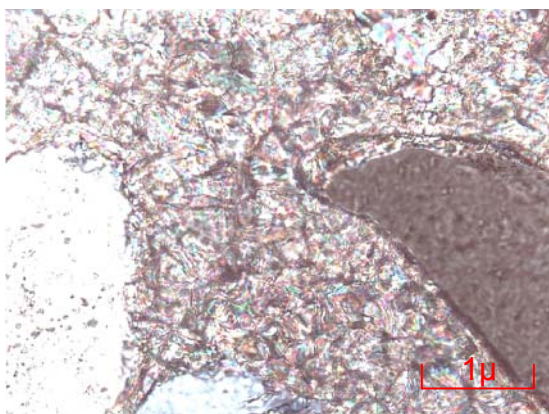


Figura 5.3.27 - Matriz micrítica na amostra R21.

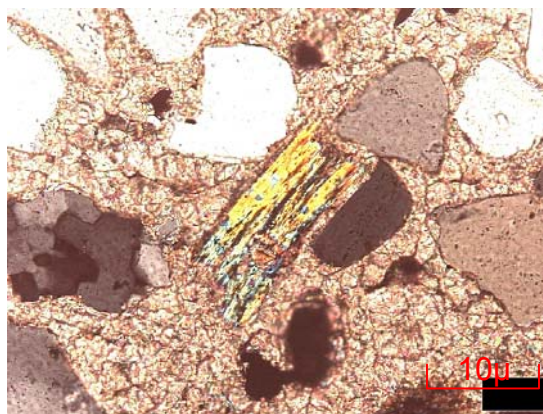


Figura 5.3.28 - Fragmento vegetal (XN).

A rocha encontrada no ponto R18 é formada por grãos de quartzo (60%). Grãos mais grossos podem ser encontrados esparsamente indicando a má seleção dos grãos. Ocorrem, subordinadamente, feldspatos (5%) e a presença de fragmentos de conchas e bioclastos é visível (5%). O cimento é



carbonático perfazendo 30% da rocha e apresenta textura micrítica e, ocasionalmente maciça.(figuras 5.3.29 a 5.3.34).

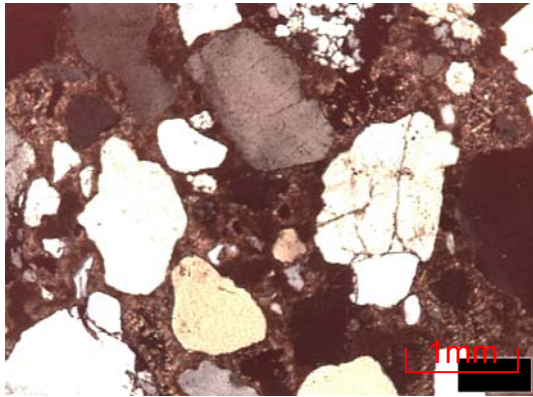


Figura 5.3.29 - Aspecto geral da lâmina feita a partir da amostra R18 (XN).

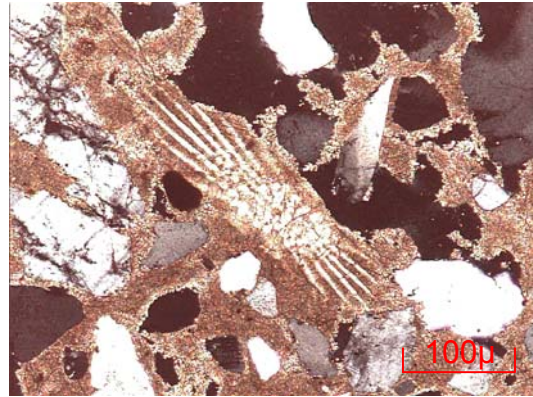


Figura 5.3.30 - Bioclasto presente na lâmina R18 (XN).

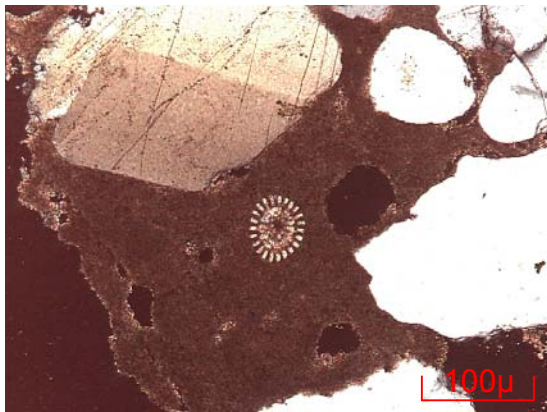


Figura 5.3.31 - Bioclasto na amostra R18 em meio à matriz maciça (XN).

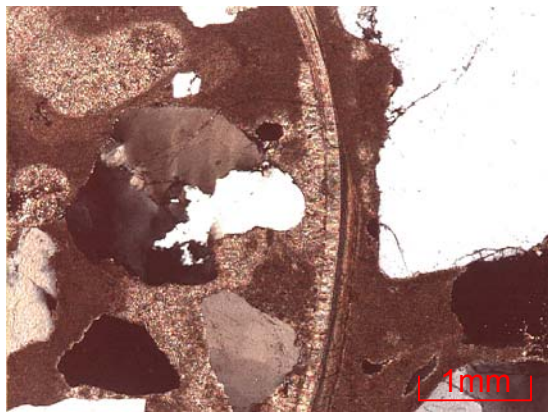


Figura 5.3.32 - Fragmento de concha na lâmina R18 (XN).

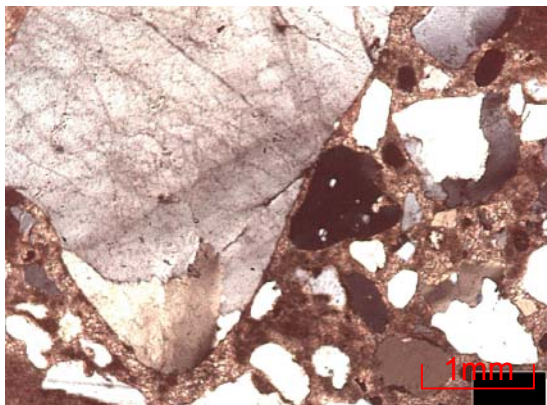


Figura 5.3.33 - Diferença marcante no tamanho dos grãos (má seleção) na lâmina R18 (XN).

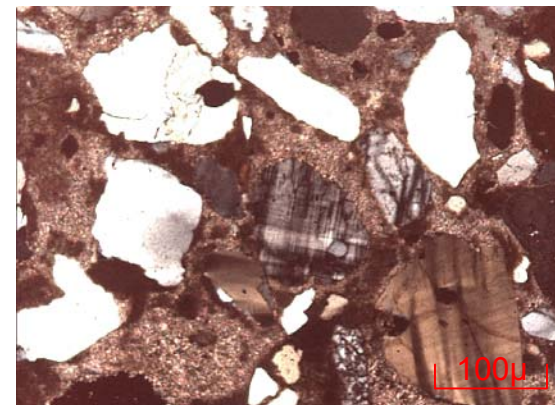


Figura 5.3.34 - Grão de feldspato no centro da imagem na lâmina R18 (XN).

A difratometria de raios X, realizada na rocha total, indica que são compostas por quartzo e aragonita, ocorrendo subordinadamente a calcita com magnésio ou manganês, a ankerita e o rutilo (figura 5.3.35 e tabela 5.3.1). Não foi realizada a difratometria na amostra R33 por causa da grande quantidade de conchas e incrustações existentes.

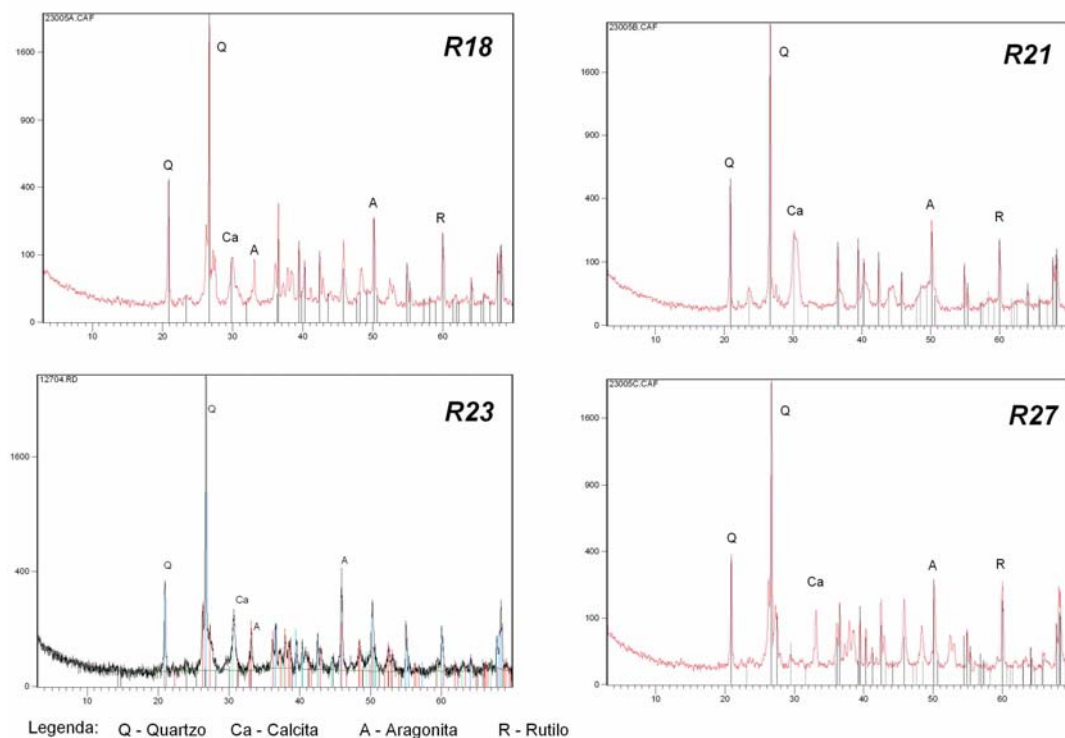


Figura 5.3.35- Difratoograma das amostras R18, R21, R23 e R27.

Tabela 5.3.1 - Principais minerais presentes nas rochas R18, R21, R23 e R27.

Amostra R18	Mineral	Fórmula
79-1910	Quartzo	$\text{SiO}_2$
41-1475	Aragonita	$\text{CaCO}_3$
86-2336	Calcita magnesiana	$(\text{Mg}, \text{Ca})(\text{CO}_3)$
73-2224	Rutilo	$\text{TiO}_2$
Amostra R21		
86-2237	Quartzo	$\text{SiO}_2$
03-0893	Aragonita	$\text{CaCO}_3$
86-2336	Calcita magnesiana	$(\text{Mg}, \text{Ca})\text{CO}_3$
79-1347	Ankerita	$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$
86-0146	Rutilo	$\text{TiO}_2$
Amostra R23		
33-1161	Quartzo	$\text{SiO}_2$
41-1475	Aragonita	$\text{CaCO}_3$
02-0714	Calcita manganesiana	$(\text{Ca}, \text{Mn})\text{CO}_3$
Amostra R27		
85-0794	Quartzo	$\text{SiO}_2$
75-2230	Aragonita	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$
72-1652	Calcita	$\text{CaCO}_3$
78-1510	Rutilo	$\text{TiO}_2$

#### 5.4. A MORFOLOGIA

Na plataforma interna paranaense foram identificados três tipos distintos de formas de fundo produzidos pelas correntes geradas pelos movimentos oscilatórios das ondas e/ou pela passagem de sistemas frontais provenientes de sul, segundo a classificação proposta por CLIFTON (1976):

- Marcas onduladas com cristas alongadas (figuras 5.4.1 e 5.4.2)
- Marcas onduladas irregulares (figura 5.4.3)
- Marcas onduladas cruzadas (figura 5.4.4)

As marcas onduladas encontradas apresentam flancos simétricos, exceto no ponto C1 onde ocorrem ondulações de areia (*sand waves*) assimétricas com direção de cristas N75E, e assimetria indicando migração para N15W. A continuidade e o tamanho das cristas mostraram-se variadas, devido a diferenças na profundidade e granulação dos sedimentos. Os dois outros tipos encontrados foram interpretados como formas geradas pelo movimento oscilatório de ondas, que produzem correntes bidirecionais.

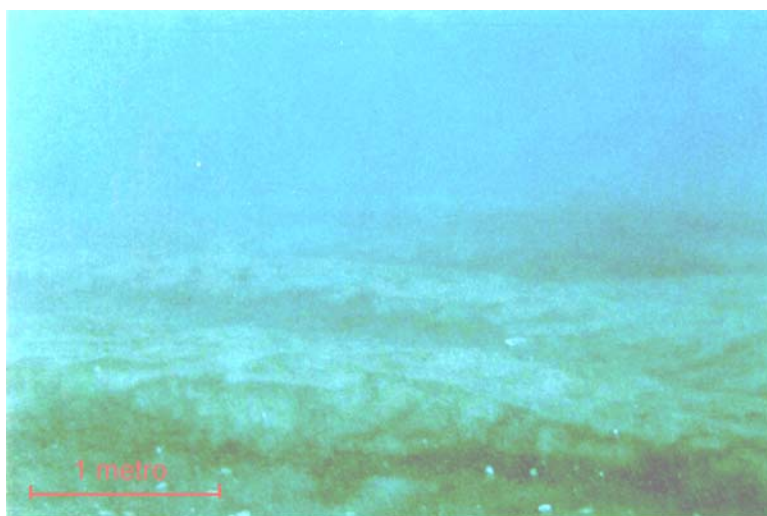


Figura 5.4.1 – Ondulações de areia assimétricas com cristas alongadas, altura de 45 cm e comprimento de onda de cerca de 1,50 m, observadas no ponto C1 a 19 metros de profundidade. Direção de cristas N75E e assimetria de crista indicando migração para N15W. Pequenas marcas onduladas simétricas e descontínuas com direção das cristas N40/50E ocorrem sobrepostas.



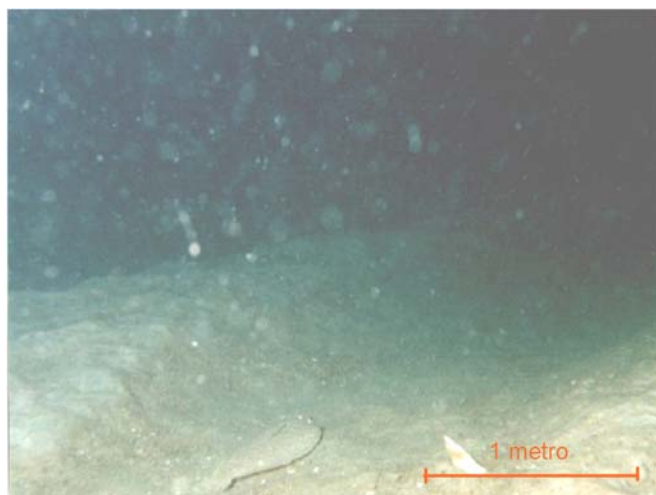


Figura 5.4.2 – Detalhe das marcas onduladas observadas no ponto C1.

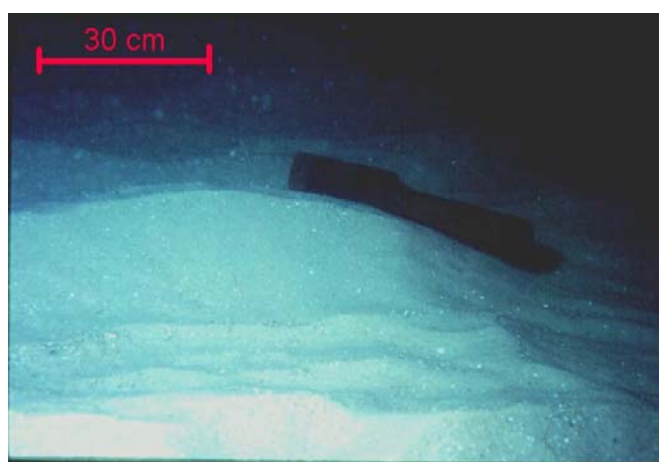


Figura 5.4.3 – Marcas onduladas irregulares, do ponto A3, com comprimento de 53 cm e altura de 9 cm, observadas a 12 metros de profundidade.

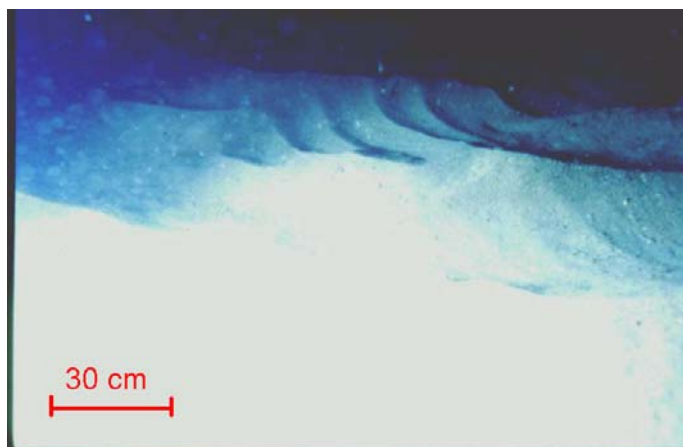


Figura 5.4.4 - Marcas onduladas simétricas cruzadas observadas no ponto A2. Comprimento de onda de 27 cm e altura 4 cm, direção de cristas N45E. Marcas interiores menores com comprimento de onda de 4 cm e altura 1 cm com direção de cristas para S80E. Observação realizada a 12 metros de profundidade.

Os resultados obtidos estão expostos na tabela 5.4.1 que relaciona profundidade, granulação e descrição das formas de fundo dos pontos amostrados.

Tabela 5.4.1 – Resumo dos dados obtidos durante mergulhos de observação das formas de fundo.

prof (m)	granulação	cristas					comprimento (cm)	altura (cm)
		forma	continuidade	simetria	orientação	ângulo		
8	amf	sinuosas	contínuas	simétricas	N30E	8°	6-7	1-2
11	amf	sinuosa	descontínuas	simétricas	N40E	8°	12	2
12	af	sinuosas	descontínuas	simétricas	N45E	9°	27	4
12	am	retas	descontínuas	simétricas	N30E	14°	53	9
13	af	sinuosas	descontínuas	simétricas	N30E	8°	18-24	4-5
14	am	sinuosas	descontínuas	simétricas	N30E	14°	28-32	6-8
15	am	sinuosas	descontínuas	simétricas	N40E	14°	15-20	6-7
16	am	retas	descontínuas	simétricas	N45E	17°	20-30	8-10
16	af	sinuosas	descontínuas	simétricas	N40E	8°	20	3
19	ag	sinuosas	contínuas	assimétricas	N75E	25°(d) 31°(f)	160	45

Convenções: amf-areia muito fina, af-areia fina, am-areia média, ag-areia grossa, (d)-dorsal, (f)-frontal.

## 5.5. IMAGENS SONOGRÁFICAS OBTIDAS

Os resultados obtidos com o sonar de varredura lateral mostram diferentes padrões de resposta dos sensores ao substrato, que é composto por areia muito fina, areia fina, areia média e areia grossa. Em um ponto parece ocorrer cascalho associado a areia média a grossa (figura 5.5.1), fato que necessita de campanha com mergulhadores autônomos para sua comprovação. Nos locais onde ocorre fundo rochoso a alteração do padrão é marcante e o resultado na imagem é característico (figura 5.5.2). Há evidências de contato lateral brusco entre corpos de areia média a grossa com a areia fina que compõe a maior parte do substrato local (figura 5.5.3). A presença de teores altos de silte e argila nas areias muito finas próximas à costa resulta em um padrão diferenciado na imagem obtida pelo aparelho (figura 5.5.4). Formas de fundo aparecem frequentemente (figura 5.5.5). Marcas onduladas de tamanhos variando de 0,5 a 1,5 m de amplitude estão associadas a locais de ocorrência de granulometria média a grossa (figura 5.5.6). Ocorre ainda o fundo liso característico de areias finas predominantes (figura 5.5.7). A posição das imagens pode ser verificada na figura 5.5.8.

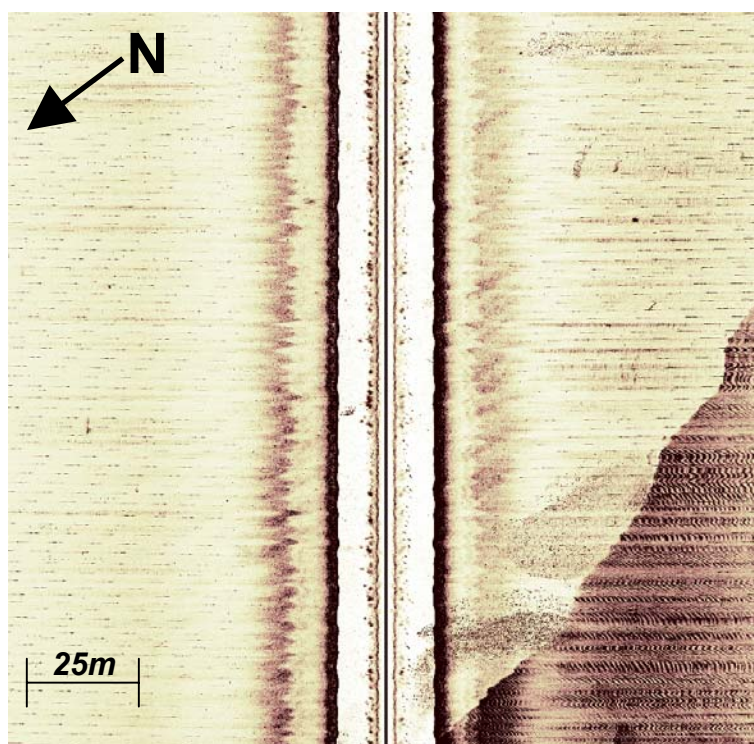


Figura 5.5.1 – Imagem de contato entre corpo de areia grossa e areia fina com cascalho.



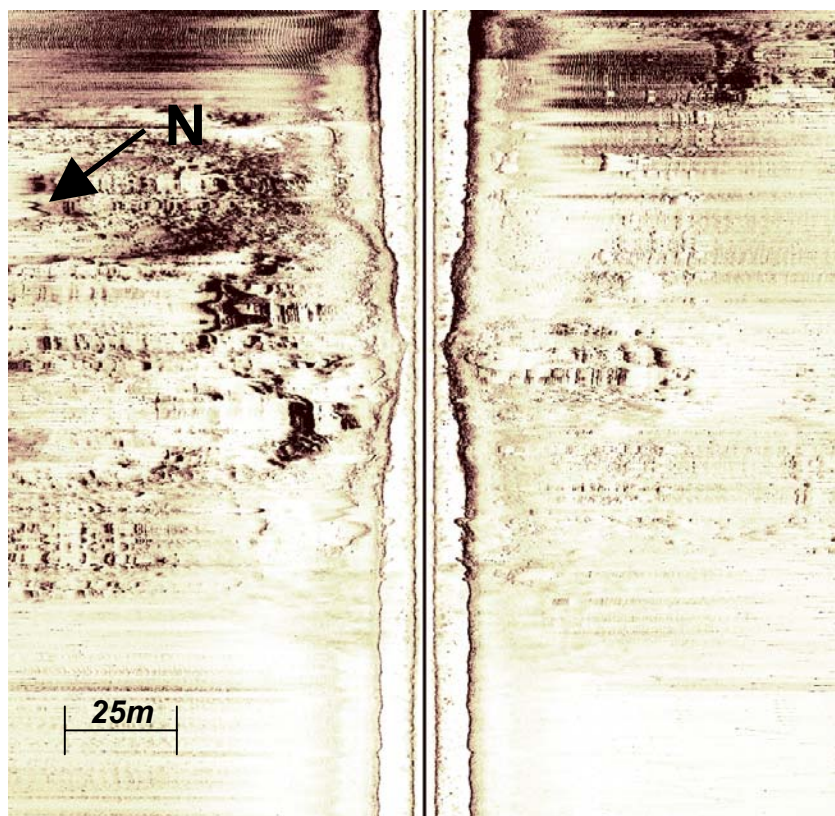


Figura 5.5.2 – Substrato rochoso.

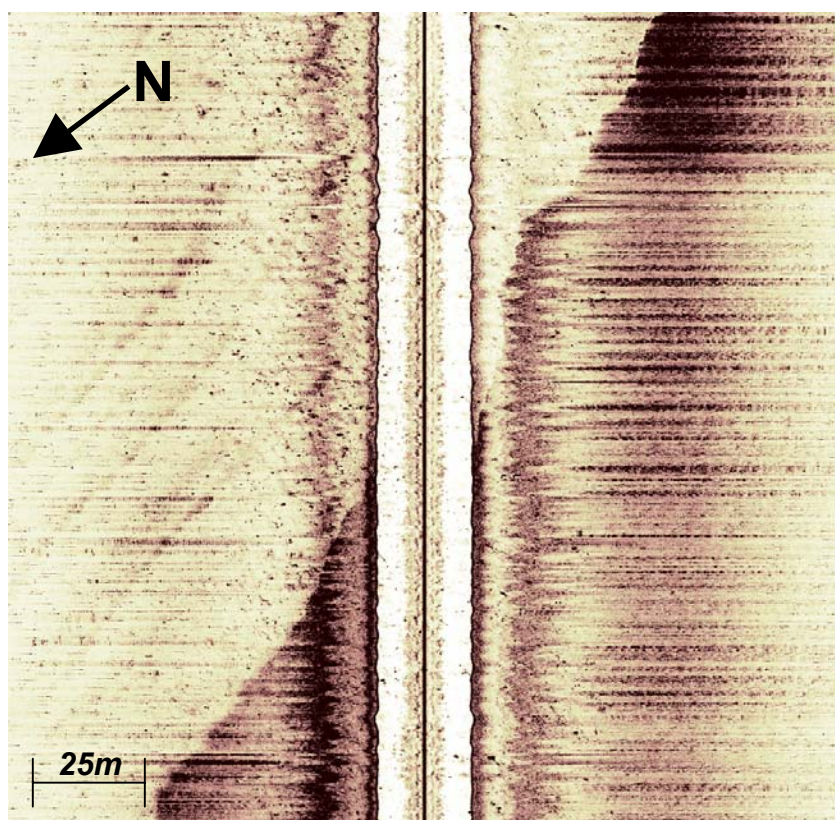


Figura 5.5.3 - Contato entre a areia fina predominante na área e corpo de areia média a grossa com marcas onduladas de areia.



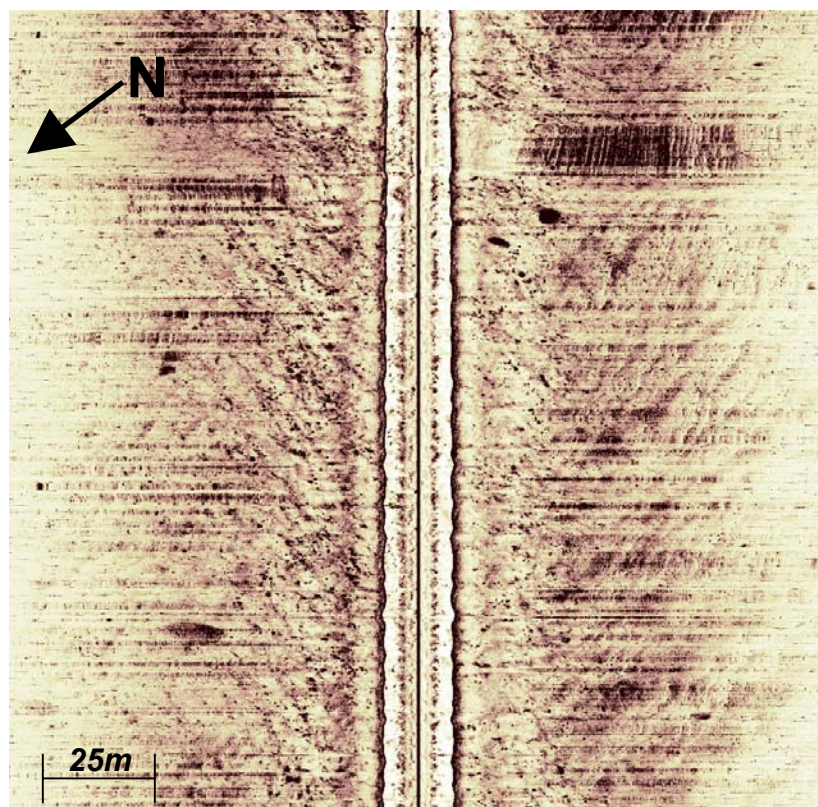


Figura 5.5.4 –Área de ocorrência de areia muito fina com teores de silte e argila entre 10 e 40% próximo à costa.

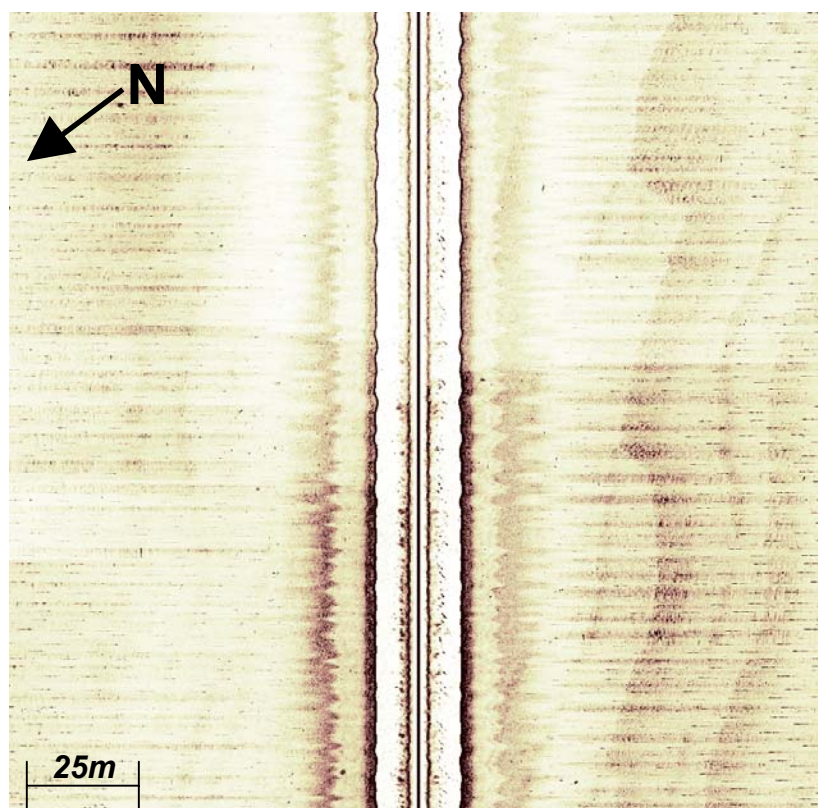


Figura 5.5.5 – Formas de fundo de grande amplitude classificadas como ondas de areia.



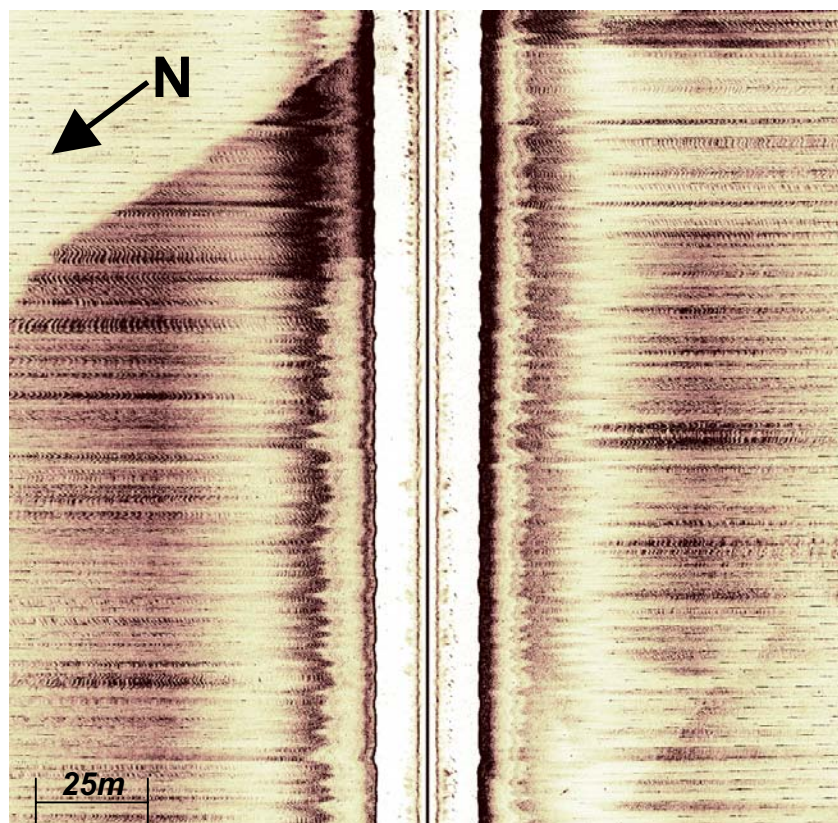


Figura 5.5.6 – Corpo de areia média a grossa com marcas onduladas de cerca de 1 m de amplitude.

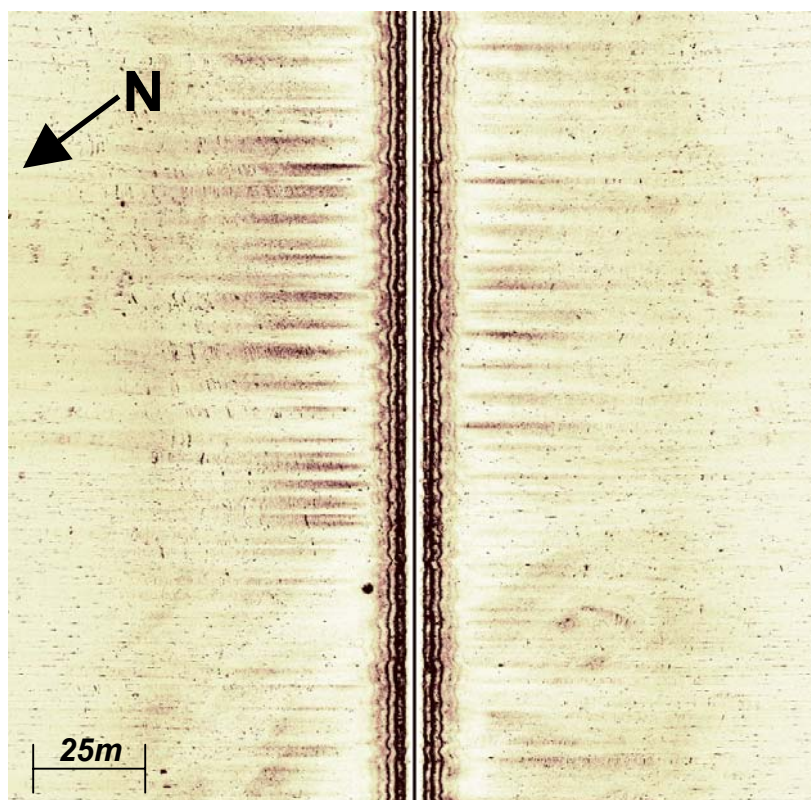


Figura 5.5.7 - Fundo liso característico de areia fina.

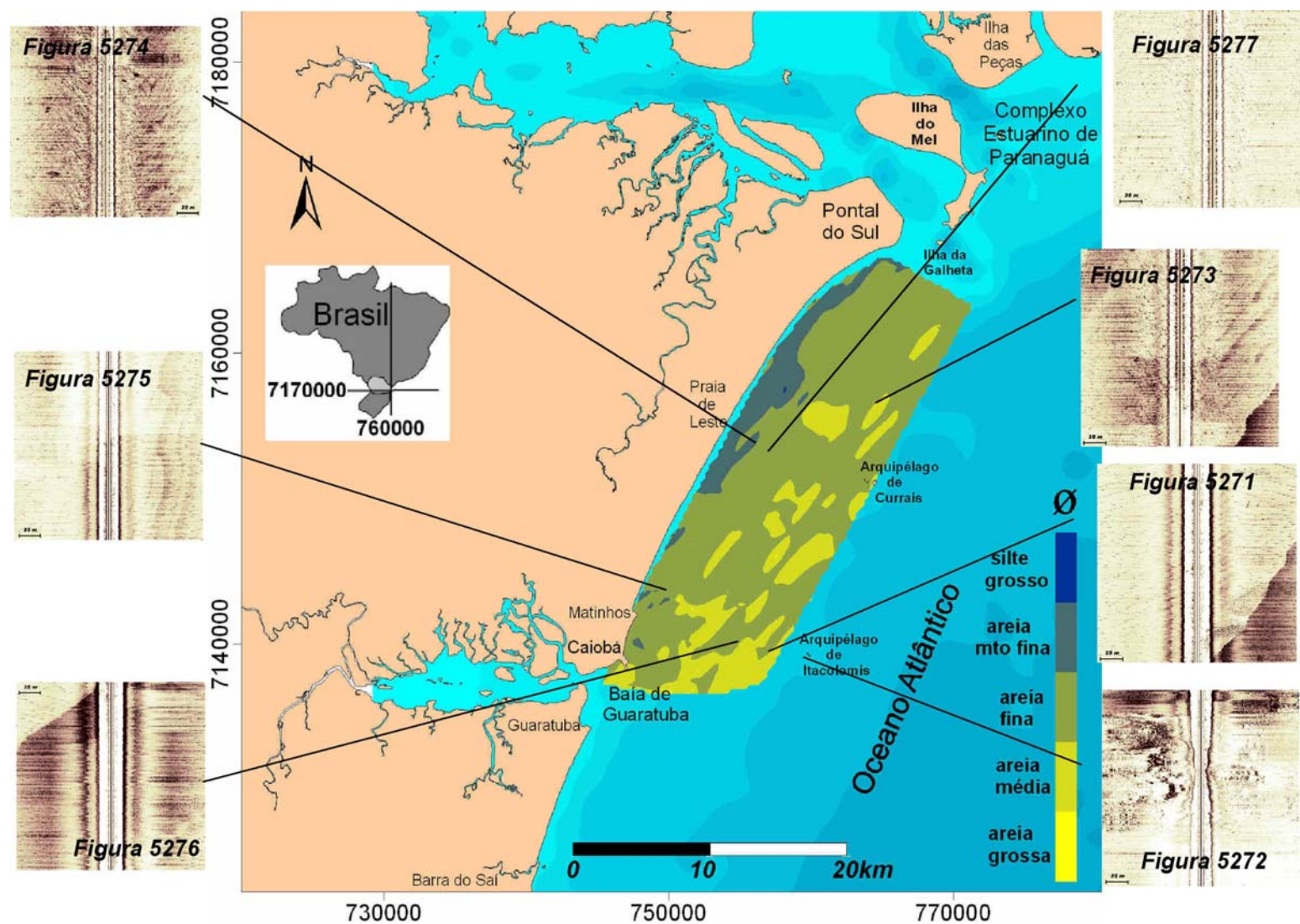


Figura 5.5.8 - Locais de obtenção das imagens típicas de diferentes tipos de substrato e formas de fundo encontradas.



## 5.6. A ESTRATIGRAFIA

A amostra A1, retirada com *box corer* a 16 m de profundidade (figura 5.6.1), é composta de areia fina. Na porção inferior ocorrem estratificações cruzadas e laminações plano-paralelas preservadas. Observa-se concentração de grânulos e fragmentos de conchas sobre as estruturas preservadas, podendo indicar gradação normal. Os 12 cm superiores estão bioturbados.

Na amostra A2, obtida a 12 m de profundidade (figura 5.6.2), ocorrem estratificações cruzadas tabulares nos 13 cm inferiores e, acima de uma inconformidade erosiva a cerca de 7 cm de profundidade, ocorrem estratificações cruzadas *hummocky* e cruzadas tangenciais na base.

Na amostra A3 (figura 5.6.3), também obtida a 12 m de profundidade, observa-se estratificação cruzada tangencial na base que ocorre em areia média, com abundância de grãos grossos e fragmentos de conchas. Como nesta granulação ocorrem formas de fundo maiores, o testemunho mostra apenas uma parte desta. Aparentemente, fragmentos de conchas e grãos maiores estão na base das camadas indicando gradação normal.

Na amostra A4 (figura 5.6.4), obtida a 11 m de profundidade, observa-se na porção inferior laminações plano-paralelas levemente onduladas podendo ser interpretadas como laminações *wavy*. A camada superior encontra-se bioturbada com a presença de bolas de lama causadas pelo preenchimento por material mais fino de orifícios gerados por bioturbação.

Na amostra A5 (figura 5.6.5), obtida a 8 m de profundidade, observa-se na porção inferior uma camada de areia muito fina rica em silte e matéria orgânica, bioturbada, com os orifícios preenchidos por areia média a grossa. Acima desta ocorre inconformidade erosiva e, mais acima, uma camada com laminações plano-paralelas alternando lâminas de areia muito fina com espessura centimétrica e lâminas ricas em silte de espessura milimétrica. Estas camadas ocorrem novamente em direção ao topo, caracterizando duas sucessões similares. No topo das camadas bioturbadas, aparentemente ocorre estrutura de fluxo. A partir da matéria orgânica presente no sedimento dos 50 cm inferiores deste testemunho obteve-se material para datação que forneceu idades  $^{14}\text{C}$  calibradas de 1.517 - 1.189 anos antes do presente (A.P.) para este intervalo deposicional.

Na amostra B1 (figura 5.6.6), obtida a 16 m de profundidade, ocorre uma camada que apresenta em sua parte inferior areia média com lâminas de areia fina escura indicando gradação normal. Sobre esta camada ocorre uma incorfomidade erosiva acima da qual ocorre areia média de aspecto maciço.

Na amostra B2 (figura 5.6.7), obtida a 14,5 m de profundidade, ocorre na parte inferior areia muito fina com bolas de lama preenchendo orifícios causados por bioturbação. Acima desta camada ocorre nítida lente de conchas marcando uma inconformidade erosiva. Acima deste ocorre areia média com estrutura maciça.

As amostras B3 e B4, obtidas a 14 e 13 m de profundidade respectivamente (figuras 5.6.8 e 5.6.9), têm aspecto maciço.

A 11 metros de profundidade, na amostra B5 (figura 5.6.10), pode ser observada uma camada composta por areia fina com fragmentos de conchas onde nota-se uma lente de conchas a cerca de 17 cm do leito indicando evento erosivo. Ocorrem acima estratificações cruzadas hummocky e cruzadas tabulares truncadas e descontínuas de baixo ângulo.

As figuras a seguir mostram o produto obtido a partir do tratamento dos testemunhos retirados com *box-corer*. As principais estruturas observadas estão resumidas após as figuras no quadro 5.6.1.

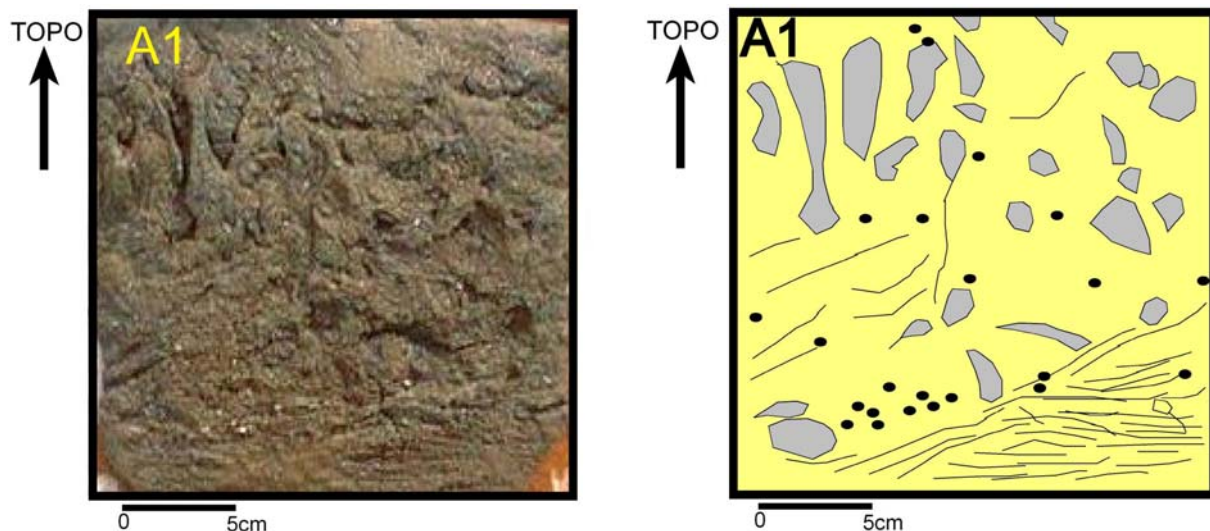


Figura 5.6.1 - Foto e esquema da amostra retirada a 16 m de profundidade, composta de areia fina com estratificações cruzadas tabulares truncadas por bioturbação na parte inferior direita que encontra-se melhor preservada. Observa-se concentração de grânulos e fragmentos de conchas (pontos pretos no desenho) sobre as estratificações preservadas. Os 12 cm superiores estão bioturbados.

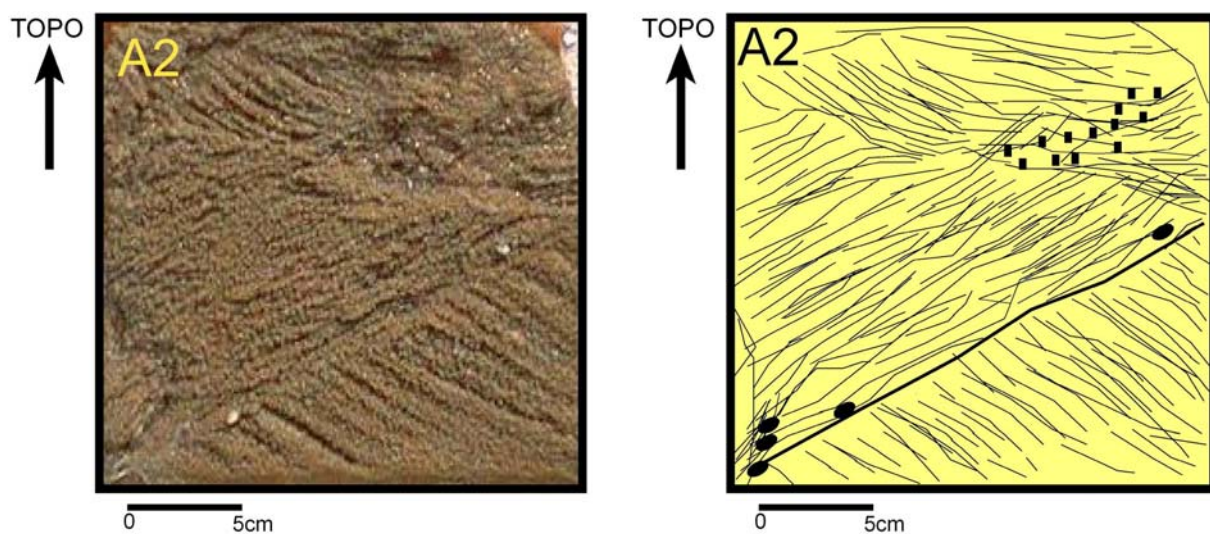


Figura 5.6.2 - Foto e esquema da amostra retirada a 12 m de profundidade composta de areia fina com estratificações cruzadas tabulares com mais de 13 cm de sets formando ângulo entre si de  $55^\circ$  presentes nos 13 cm inferiores. Acima de uma inconformidade erosiva a cerca de 7 cm de profundidade, ocorrem estratificações cruzadas hummocky e cruzadas tangenciais na base. Note-se a pouca bioturbação presente na amostra.

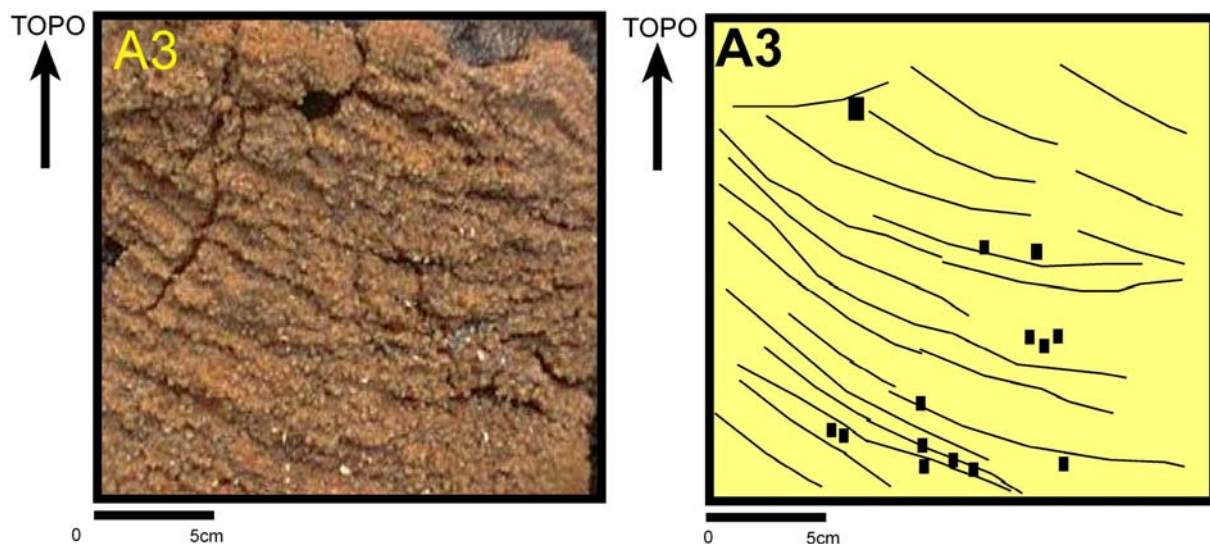


Figura 5.6.3 - Foto e esquema da amostra retirada a 12 metros de profundidade, composta de areia média, com estratificação cruzada tendendo a tangencial na base, com abundância de grânulos de quartzo e fragmentos de conchas (pontos pretos no desenho).

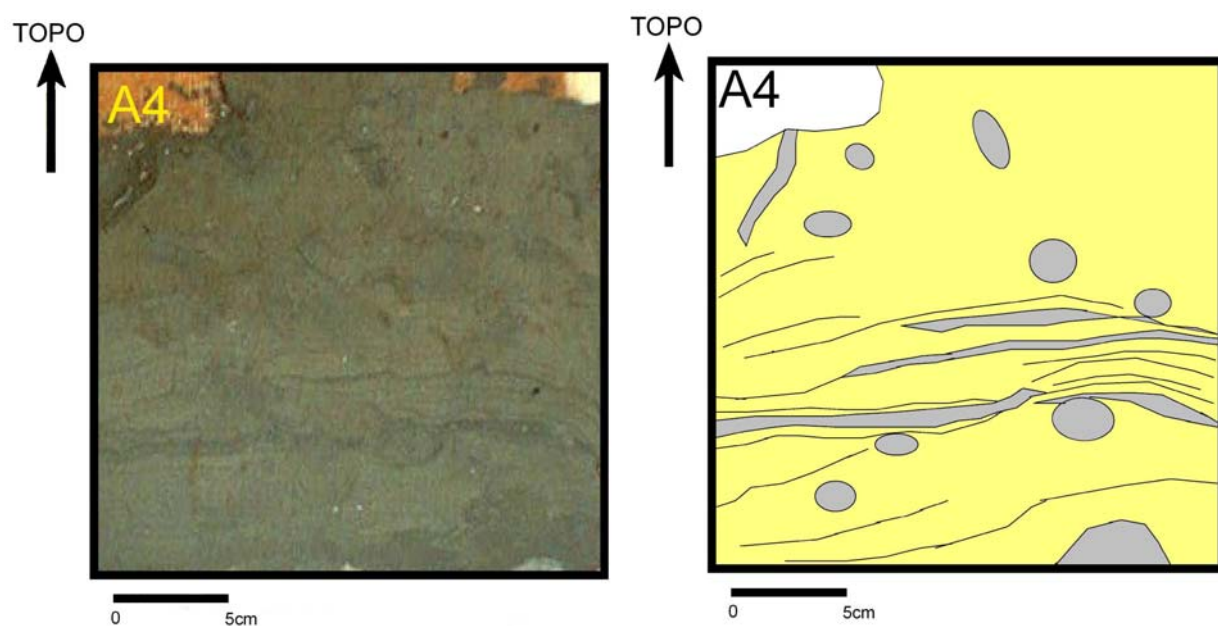


Figura 5.6.4 - Foto e esquema da amostra retirada a 11 m de profundidade, composta de areia muito fina. Camada inferior com 10 cm de espessura contendo bolas de lama resultantes do preenchimento de orifícios de bioturbação por material fino. Laminação wavy evidenciada pela presença de lâminas de areia muito fina e lâminas com silte intercaladas, de forma ondulada. A camada superior encontra-se bioturbada.



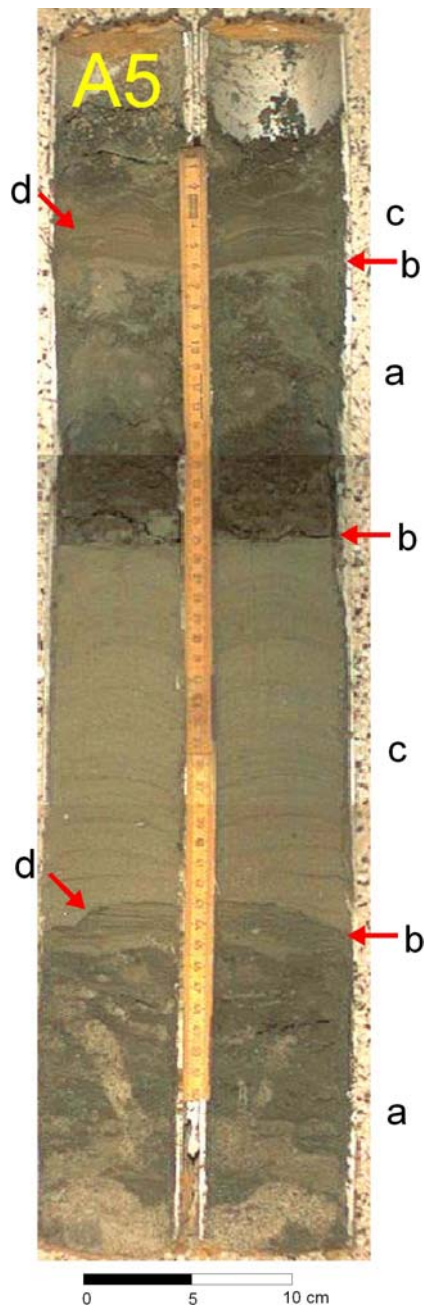


Figura 5.6.5 - Foto do testemunho retirado no ponto A5 a 8m de profundidade, onde observam-se dois intervalos similares de: (a) areia muito fina rica em silte e matéria orgânica, com orifícios causados por bioturbação preenchidos por areia média a grossa; (b) inconformidade causada por evento erosivo; (c) laminações plano-paralelas com lâminas de espessura centimétrica de areia muito fina e lâminas de espessura milimétrica ricas em silte. (d) no topo das camadas bioturbadas aparentemente ocorre estrutura de fluxo.



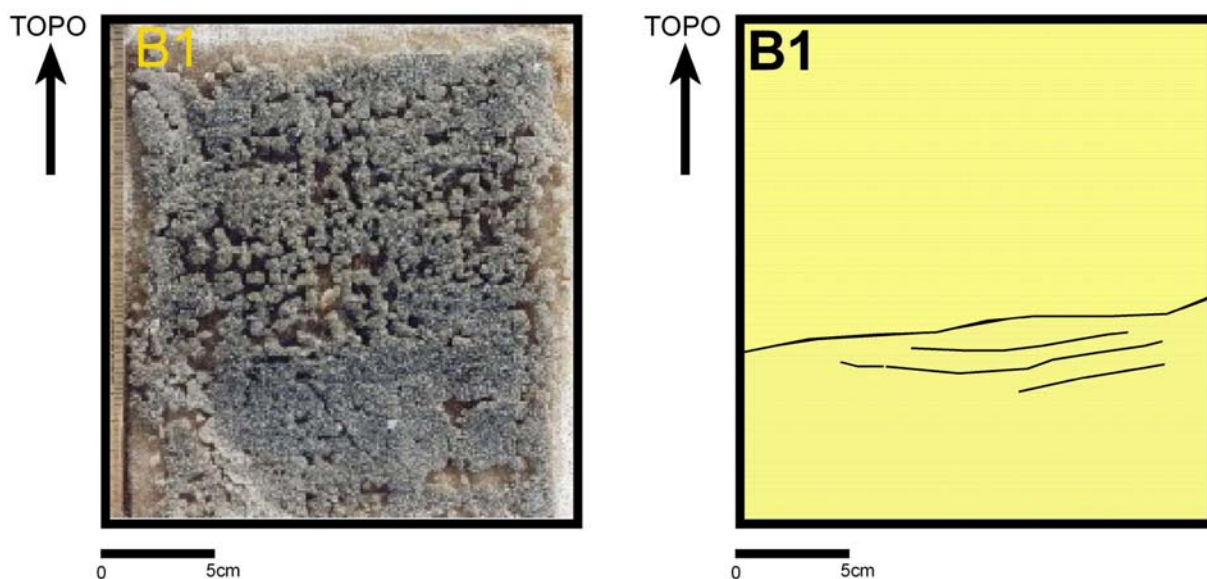


Figura 5.6.6 - Foto e esquema da amostra retirada a 16 m de profundidade contendo em sua parte inferior areia média com lâminas de areia fina escura. Após incorformidade erosiva ocorre areia média com estrutura maciça e gradação normal.

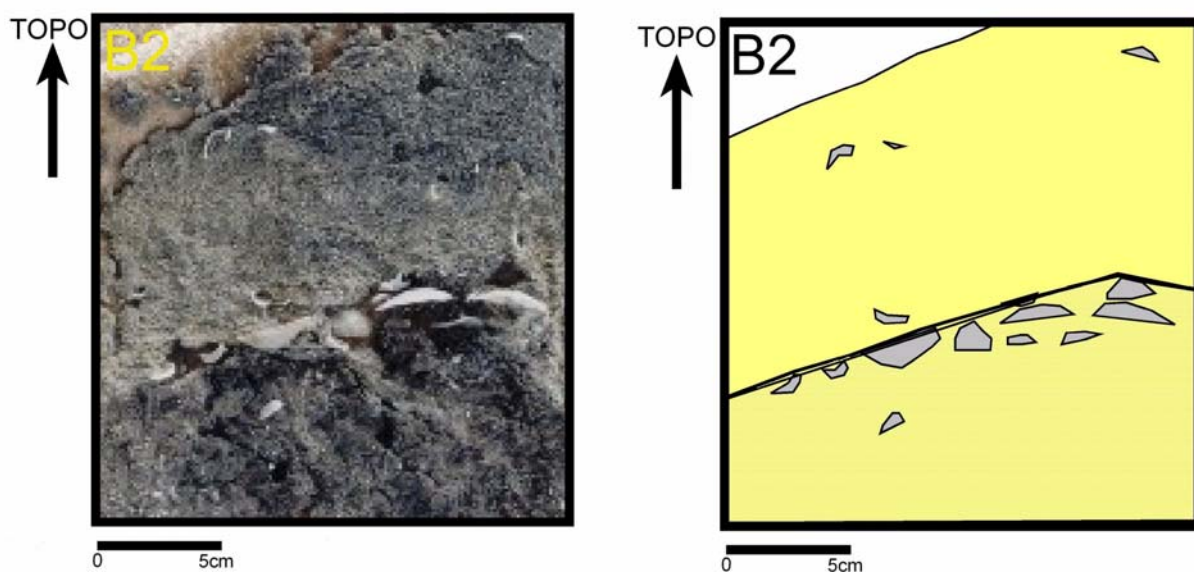


Figura 5.6.7 - Foto e esquema da amostra retirada a 14,5 m de profundidade composta na parte inferior por areia muito fina com bolas de lama, resultantes do preenchimento de orifícios de bioturbação por material mais fino. Uma lente de conchas marca uma inconformidade erosiva. As conchas apresentam, em sua maioria, a concavidade para cima, também ocorrendo para baixo. Acima deste plano ocorre areia média onde pode ser observada gradação normal logo acima das conchas.

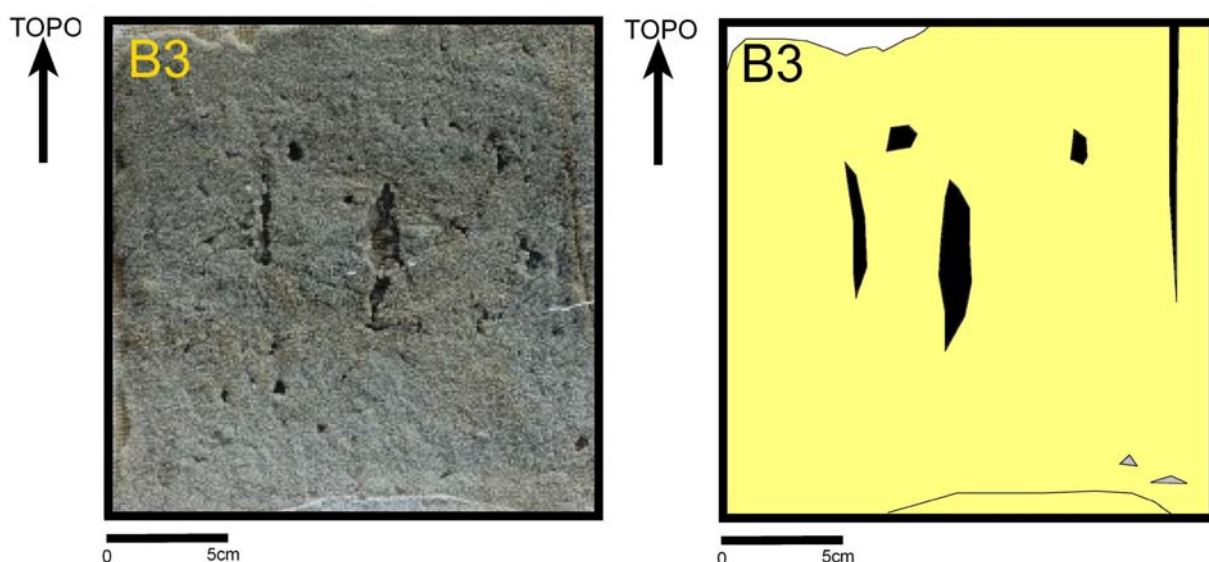


Figura 5.6.8 - Foto e esquema da amostra obtida a 14 metros de profundidade composta por areia média com fragmentos de conchas e estrutura maciça. Os vazios correspondem a conchas e orifícios de bioturbação preenchidos por material fino que foram perdidos na lavagem do material ao soltarem-se do tecido.

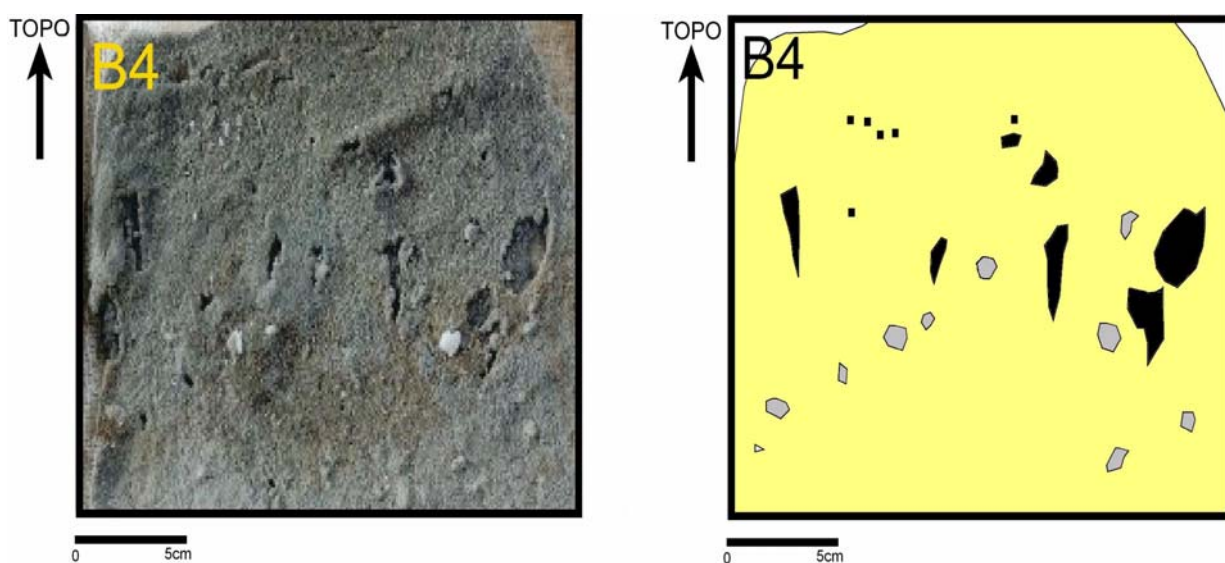


Figura 5.6.9 - Foto e esquema da amostra retirada a 13 metros de profundidade composta de areia fina, com abundantes fragmentos de conchas e estrutura maciça. Orifícios de bioturbação preenchidos por lama tiveram o material perdido durante a lavagem por terem se soltado do tecido e encontram-se vazios.

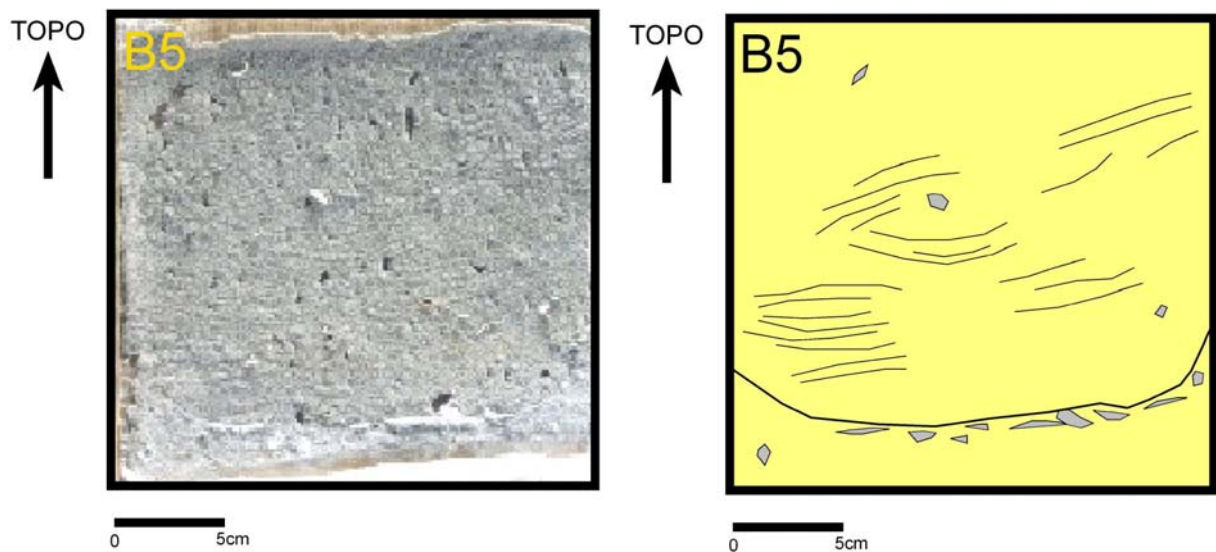


Figura 5.6.10 - Foto e esquema da amostra obtida a 11 metros de profundidade onde ocorre na porção inferior sedimento de cor mais clara que na parte superior. Acima deste ocorre lente de conchas a cerca de 17 cm do leito, provavelmente deformado nas bordas durante a retirada do testemunho. Há evidências de estratificações cruzadas hummocky e cruzadas truncadas e descontínuas de baixo ângulo na parte superior da amostra, que é composta por areia fina com fragmentos de conchas abundantes.

Quadro 5.6.1 - Estruturas sedimentares observadas em *box-corer* na área investigada.

profundidade (m)	granulação	cor	descrição das estruturas
8	amf/sg	cinza escura/preta	Laminação plano-paralela Contato erosivo Bioturbação Estrutura de fluxo.
11	amf	cinza	Bioturbação Laminação tipo wavy.
11	af	cinza claro	Estrutura maciça. Lente de conchas Discordância erosiva Estratificações cruzadas <i>hummocky</i> Estratificações cruzadas de baixo ângulo.
12	am	marrom claro	Estratificação cruzada tangencial na base Gradação normal
12	af	marrom	Estratificações cruzadas tabulares Inconformidade erosiva Estratificações cruzadas <i>hummocky</i> Estratificações cruzadas tangenciais na base
13	af	cinza	Estrutura maciça.
14	am	cinza	Estrutura maciça.
15	am/af	cinza claro/ cinza escuro	Estrutura maciça. Lente de conchas Discordância erosiva.
16	am	cinza	Inconformidade erosiva Estrutura maciça.
16	af	marrom	Estratificações cruzadas Gradação normal Bioturbação

Nas 38 sondagens realizadas no substrato da plataforma interna rasa (anexos II e III), o padrão estratigráfico repete-se com bastante frequência. No perfil típico, ocorrem camadas alternadas de areia fina a muito fina rica em silte

e, subordinadamente, argila resultando em um padrão de laminação plano-paralela. As camadas estão, invariavelmente, muito bioturbadas, com os orifícios escavados pelos organismos preenchidos por material tanto mais fino como mais grosso, além de fragmentos de conchas e restos vegetais. Não raro, o contato destas camadas com a superior é brusco e algumas vezes marcado por lente de conchas. Acima destes depósitos, ocorrem camadas arenosas de granulometria variada, mais comumente areias finas a médias, com gradação normal, consistindo em uma lente de conchas e/ou grânulos, passando a areia média e depois a areia fina em direção ao topo, muitas vezes repetindo-se em uma mesma camada.

Outro tipo de camada foi encontrado durante as sondagens realizadas a 12 a 13 m de profundidade. Constituem-se de sedimentos muito finos com teores de silte e argila que chegam a mais de 30%, formando gretas de contração nos testemunhos depois de secos, onde os fragmentos vegetais foram encontrados bem preservados. Também foi observada a total ausência de conchas nestas camadas e o material coletado para observação de foraminíferos mostrou a presença de *Blysmasphaera brasiliensis* (BRÖNNIMANN, 1988) um foraminífero de carapaça orgânica pouco conhecido. Duas datações ao  $^{14}\text{C}$  realizadas na matéria orgânica destes depósitos revelaram idades calibradas de  $40.600 \pm 2.250/-1.750$  (amostra CD4) (CENA-433) e  $46.700 \pm 5.800/-3.350$  (amostra E3M) (CENA-434) anos A.P.

Para melhor visualização as sondagens foram organizadas em perfis transversais à linha de costa como pode ser observado nas figuras 5.6.11 (Matinhos) e 5.6.12 (Currais).

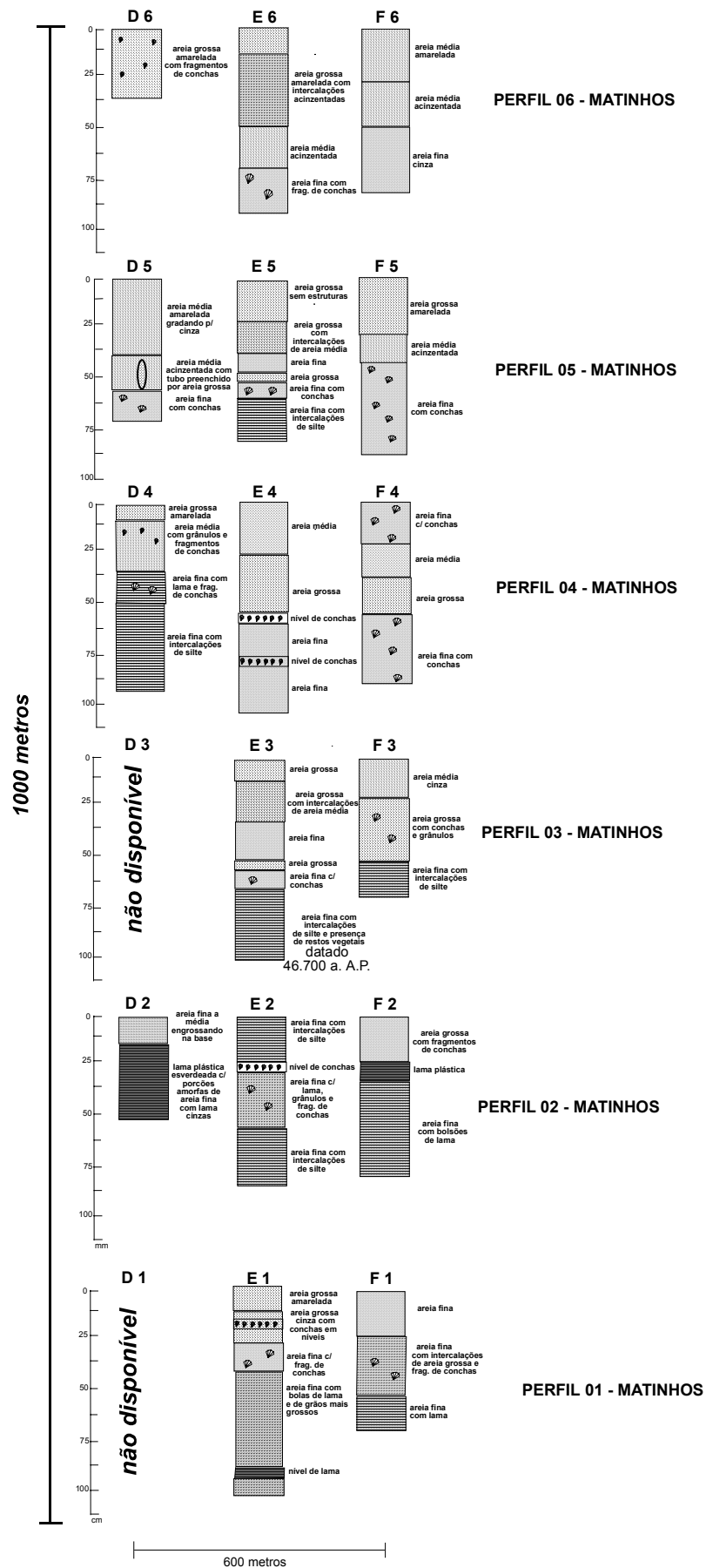


Figura 5.6.11 - Perfis de sondagens realizados próximos a Matinhos.





## 6. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Os dados batimétricos permitem identificar que a parte norte da região estudada é uma área rasa correspondente ao delta de maré vazante associado à desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá. Ao sul do delta pode ser notada uma área mais profunda que poderia corresponder a uma zona de erosão originada pelo desvio e consequente aumento da velocidade das correntes de deriva provenientes de sudoeste causada pela diminuição brusca da profundidade. Na porção central da área ocorrem altos fundos próximos ao Arquipélago de Currais, que podem estar associados à interferência das ilhas no padrão de refração de ondas incidentes. Como a partir dos 10 metros o registro sedimentar indica a presença de sedimentos palimpsésticos, é muito provável que nesta faixa o gradiente seja mais dependente da herança geológica do que do equilíbrio hidrodinâmico. Os altos fundos presentes também podem ser decorrentes de depósitos de sedimentos palimpsésticos de praias e canais afogados devido à subida do nível relativo do mar durante a última grande transgressão holocênica.

Observa-se no relevo da plataforma interna (figura 5.1.2) diversas mudanças na declividade que podem ser decorrentes da herança geológica regional, formados quando o nível do mar estava mais baixo que o atual.

Quanto às características sedimentológicas sugerem que vários processos geológicos e hidrodinâmicos contribuíram na configuração dos depósitos sedimentares da porção estudada da plataforma interna paranaense. Os sedimentos podem ser classificados em cinco tipos:

**i) As areias finas e muito finas do delta de maré vazante associado à desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá:**

Estas areias parecem refletir com maior acuidade as propriedades das partículas transportadas, apresentando seleção progressiva para NE que indica um transporte preferencial neste sentido na área.

**ii) As areias muito finas próximas à costa com teores de silte e argila entre 10 e 40 %:**

Poder-se-ia inferir que a fração fina das areias muito finas situadas na faixa próxima à costa entre as profundidades de 5 e 10 m é principalmente transportada por suspensão e depositada em condições de baixa energia de ondas. Quando a energia de ondas aumenta, pode ocorrer a ressuspensão e

transporte deste material ao longo da costa. VEIGA *et al.* (2004b) levantaram duas hipóteses para a origem das areias com elevados teores de finos (10 a 40 %) que ocorrem em boa parte da plataforma interna estudada entre os 5 e 10 m de profundidade. Uma, de serem sedimentos lagunares antigos aflorando na plataforma, correspondentes a transgressão pós-glacial e outra, de serem sedimentos de deposição atual. Uma datação da matéria orgânica contida nestes sedimentos que forneceu idade  $^{14}\text{C}$  calibrada de 1.517 - 1.189 anos A.P., indica que se tratam de sedimentos mais recentes que os da transgressão pós-glacial que acabou por volta de 6.500 a 5.500 anos  $^{14}\text{C}$  A.P. (ANGULO *et al.*, 2004). Ademais, análises de foraminíferos realizadas nestes sedimentos (DISARÓ *et al.*, 2001) mostraram uma fauna típica de plataforma rasa. Estas evidências sugerem que estes sedimentos se depositaram em ambiente de plataforma rasa, em condições semelhantes às atuais. Apesar de não haver rios importantes na região, o suprimento de material fino é bastante grande em períodos chuvosos, visto que a área se encontra entre os estuários de Guaratuba e de Paranaguá. Estudos realizados a partir de imagens de satélite mostram uma alta concentração de sedimentos em suspensão provenientes destes estuários (NOERNBERG, 2001). O material fino parece ficar retido próximo à costa pela “cerca de energia litorânea” (*littoral energy fence*) descrita por ALLEN (1970). Este fenômeno é provocado pela energia das ondas movendo as partículas em direção à costa. Os elevados teores de matéria orgânica encontrados nestes sedimentos parecem estar associados a grande quantidade de organismos que vivem associados aos mesmos e que foram observados durante as amostragens. Outro fator que contribui para os altos teores de matéria orgânica é a presença de fragmentos vegetais, que foi observada em lupa. Não há rios importantes desembocando na área de estudo. O escoamento da planície costeira nesta parte do litoral é para dentro da baía de Paranaguá, sendo controlado pela presença de cordões litorâneos. O escoamento na praia ocorre apenas em períodos de intensa pluviosidade. Isto sugere que os fragmentos vegetais provêm das baías situadas ao sul e ao norte da área. O alto teor de carbonatos presentes nestes sedimentos finos pode ser explicado pela ocorrência das conchas dos moluscos bivalves que ali habitam.

### **iii) As areias médias e grossas:**

As areias médias a grossas provavelmente são palimpsésticas, pois elas ocorrem a profundidades entre 10 e 14 m onde as correntes costeiras não têm energia suficiente para transportá-las. Provavelmente constituem restos de antigas praias, formadas em períodos em que o nível relativo do mar era mais baixo que o atual, submersas durante a fase transgressiva holocênica. Sua forma preferencialmente alongada levou VEIGA & ANGULO (2003) a relacioná-las com as dorsais de areia (*sand ridges*) características de plataformas clásticas dominadas por ondas que incidem obliquamente à costa, descritas por PARKER *et al.* (1982). Em alguns setores da plataforma estudada, principalmente próximo aos arquipélagos de Itacolomis e Currais, os corpos de areia média e grossa correspondem aos altos fundos observados no mapa batimétrico. O contato destes corpos com as áreas de sedimentos mais finos é abrupto e pode ser facilmente observado em imagens de sonar de varredura (VEIGA *et al.*, 2004c).

As sondagens realizadas nos corpos de areia média a grossa sugerem que, aparentemente, concentram-se por retrabalhamento e comportamento hidrodinâmico, não constituindo corpos suficientemente espessos para serem explotados pelos métodos de dragagem utilizados atualmente. As dragas de grande porte que operam em mar aberto retiram cerca de um metro de profundidade de sedimento durante o processo de dragagem (VEIGA *et al.*, 2004). Um fator complicador seria a quantidade de sedimentos finos que seriam coletados simultaneamente, comprometendo o uso do material no processo de alimentação artificial de praias, tornando sua utilização atualmente inviável.

### **iv) As areias finas da plataforma na faixa dos 10 a 15 m de profundidade:**

São sedimentos unimodais bem selecionados, porém menos que as areias finas do delta de maré vazante, sugerindo condições de energia de ondas e correntes mais baixas que no delta, provavelmente por se encontrarem a maiores profundidades.

### **v) As areias finas a muito finas pertencentes às barras do início da zona de arrebenção:**

Em alguns perfis (C, D, F, G, O e P), na parte mais rasa, ocorrem areias finas a muito finas muito bem selecionadas, semelhantes às do delta de maré

vazante, indicando ambiente de alta energia, que foram interpretadas como correspondentes às barras da zona de arrebentação.

Para ilustrar a ocorrência dos padrões de sedimentos encontrados foi elaborado mapa de fácies mostrado a seguir:

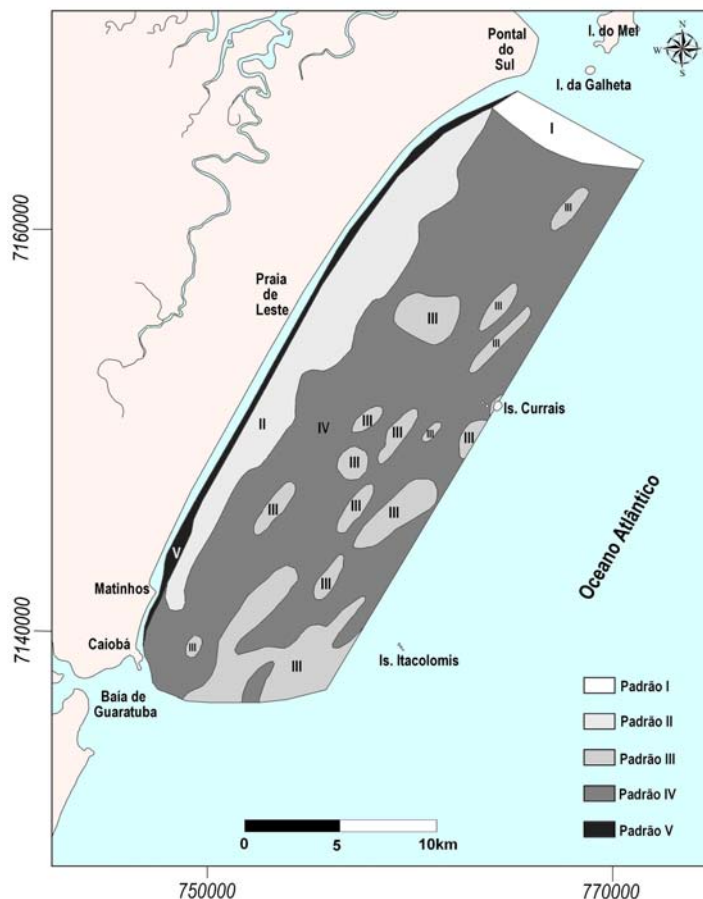


Figura 6.0 - Mapa de distribuição de fácies nos sedimentos de fundo da plataforma rasa paranaense.

Quanto aos teores de matéria orgânica, os dos sedimentos do tipo ii são altos, geralmente entre 8 e 12%, enquanto nos outros tipos de sedimentos fica entre 1 e 4%. O mesmo ocorre com os carbonatos. A presença de grande quantidade de organismos habitando o local seria a razão para este fenômeno. Além disso, fragmentos vegetais foram encontrados nestes sedimentos .

As imagens de sonar de varredura lateral confirmam a variação horizontal dos sedimentos do substrato da plataforma, além de indicar que os contatos gerados por meio de interpolação de dados, não podem ser considerados exatos.

Para discutir as tendências de transporte de material próximo ao delta de desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) deve-se

considerar que este foi considerado por ANGULO (1992, 1995) como sistema deposicional de delta de desembocadura. Comparando fotografias aéreas da área de 1954 a 1980, ANGULO (1993) descreve variações da linha de costa de dezenas a centenas de metros na região, sugerindo que os afloramentos rochosos da Ilha do Mel mantêm fixa a margem esquerda da desembocadura sul do CEP atualmente. ANGULO (1999) descreve esporões arenosos orientados em direção à terra presentes nas desembocaduras norte e sul do CEP, mostrando a eficiência da deriva longitudinal em transportar material estuário adentro. Além disso, formas de fundo indicando transporte de material para fora do estuário também são identificadas, evidenciando a complexidade do sistema em questão (figura 6.1).

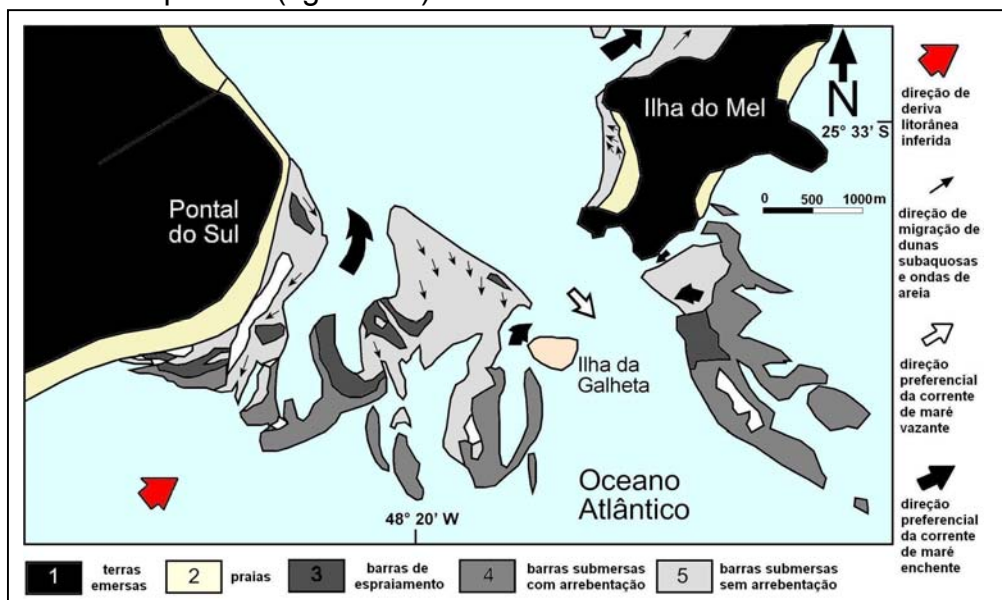


Figura 6.1 - Configuração da desembocadura sul do CEP (1) terras emersas; (2) praias; (3) barras de espraio ; (4) barras submersas com arrebenção ; (5) barras submersas sem arrebenção (modificado de ANGULO, 1999).

Este autor comenta que a porção sul do delta de desembocadura do CEP é a maior forma deposicional da costa paranaense, causando uma flexão na posição da isóbata de 10 metros, que geralmente situa-se entre 1 e 3 km da costa, para 8 km em frente à costa do balneário de Pontal do Sul. Ainda segundo este autor, o maior desenvolvimento da porção sul do delta ocorre pela contribuição de material trazido pela deriva longitudinal de sul para norte, ali represados e depositados pelo efeito "barragem" ocasionado pelo fluxo das correntes de maré através do canal principal. LAMOUR (2000), considerando

características morfológicas e hidrodinâmicas do banco da Galheta e o histórico das dragagens do canal artificial de acesso aos portos de Paranaguá e Antonina, que corta o delta de desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá, apresenta vetores adimensionais inferidos a partir da observação de formas de fundo para o transporte preferencial de material na porção sul do delta em discussão (figura 6.2).

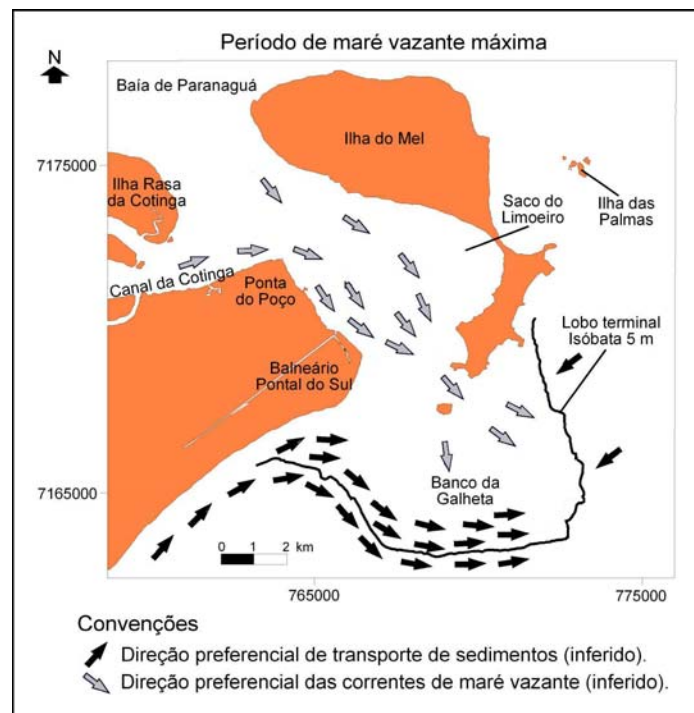


Figura 6.2 - Padrões inferidos de transporte de material para a porção sul do delta de desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá (LAMOUR, 2000).

LAMOUR (2000) cita que a porção sul do delta de vazante é mais desenvolvida que a norte pelo efeito "molhe hidráulico" das correntes de maré vazante que criam um maior espaço de acomodação para os material transportado de sul para norte pela deriva litorânea. Os sedimentos do banco da Galheta teriam sua origem nas partículas que se deslocam longitudinalmente à praia entre a linha de costa e a isóbata de 10 metros, afirmação reforçada pela direção preferencial de deslocamento das correntes de deriva litorânea e pela presença de formas de leito na borda externa do banco. É importante acrescentar que a ressuspensão e o transporte das partículas causados pelos movimentos orbitais das ondas quebrando continuamente sobre as barras no banco da Galheta, são um agente

transportador atuante e que seus efeitos devem estar registrados nos sedimentos deste ambiente deposicional. Há um empilhamento de material transportado de sudoeste para nordeste sobre a desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá que encontra-se atualmente fixada pelos afloramentos rochosos das Ilhas do Mel e da Galheta. Na figura 6.3, pode-se notar o extenso campo de ondas sobre o banco da Galheta e o esporão (A) adentrando a embocadura da baía.

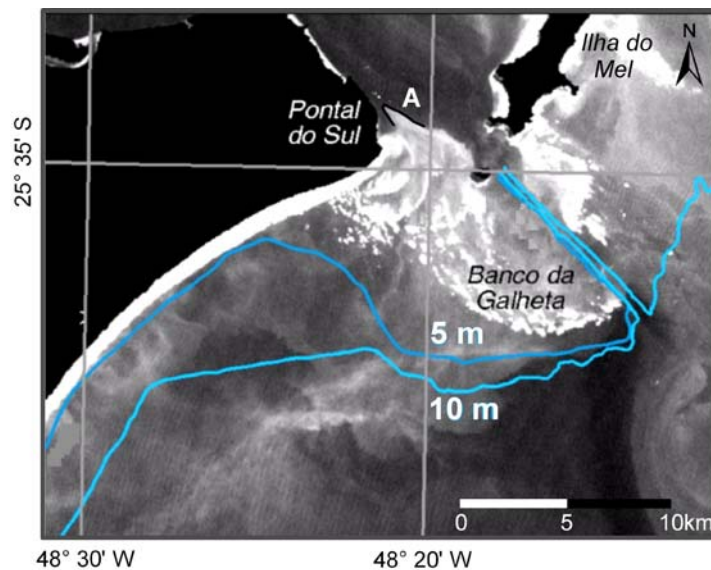


Figura 6.3 - Imagem de satélite da área de estudo evidenciando as proporções do Banco da Galheta (modificado de NOERNBERG, 2001).

Após a análise dos resultados obtidos com a aplicação dos programas de geração de vetores de tendências de transporte de material GSTA, GSTAST e TRANSVEC, observa-se que os vetores gerados pelo programa GSTA, coincidem com os declives batimétricos da área. Estão de acordo com o esperado na parte sul e central da área mas não parecem bons nos setores NE e NO da área. Além disto, o fato deste programa gerar vetores para todas as estações parece ser um problema. Ao adicionarmos aos dados mais uma linha de estações a sul da área, a linha que antes era a borda da área representa os vetores diferentemente. A geração de vetores empíricos fora da área em pontos em que não há dados disponíveis, parece causar algum problema no caso estudado. O programa TRANSVEC, identifica muito bem o direcionamento do transporte para o canal que margeia o delta e também uma tendência do canal marginal de exportar sedimentos durante maré vazante na parte NO da área, mas os vetores indicam transporte preferencial para SW, o



que contraria todas as observações para a área em questão. Parece que o programa que melhor satisfaz as tendências esperadas é o GSTAST (figura 5.2.13). A iniciativa de CHANG *et al.* (2001) de inserir um teste de significância para os vetores, bem como a geração de vetores adicionais empíricos que são utilizados no processo de filtragem, parece funcionar a contento neste caso em particular. Os vetores a leste da área refletem o transporte de material pelas ondas quebrando no banco da Galheta, os vetores centrais mostram a deposição de sedimentos imposta pela deriva de sul para norte formando o delta de desembocadura e os vetores a oeste da área refletem a deflexão da deriva litorânea próximo à súbita queda na profundidade causada pela presença do delta.

É fato que as premissas sugeridas pelos autores para a aplicabilidade dos modelos são várias e, conseqüentemente, ambientes ideais são difíceis de ser encontrados na natureza. O objetivo deste trabalho é o analisar qual dos programas testados apresenta melhores resultados no ambiente deposicional em questão.

Quanto aos recifes de arenito ou arenitos praias ou ainda *beachrocks*, estão associados a ambientes de energia moderada a alta, como praias, ou na parte interior de franjas de recifes orgânicos. São rochas comuns nas costas tropicais e subtropicais atuais. Aragonita, calcita magnesiana e calcita são os carbonatos mais comumente encontrados cimentando essas rochas. As texturas radial, laminada e micrítica ocorrem frequentemente, além de oóides de origem não biogênica. Acredita-se que a formação destes oóides seja o processo mais importante de remoção não biogênica de  $\text{CaCO}_3$  das águas oceânicas (LAND, *et al.* 1979).

Atualmente, na costa de Pernambuco, a interação de águas freáticas e marinhas na zona intermarés, aliado a fatores como temperatura, propriedades geoquímicas e, possivelmente, condições microbiológicas favoráveis, permitem a precipitação de aragonita e calcita magnesiana formando recifes de arenito que ocorrem em duas ou mais linhas paralelas à costa em diversas praias daquele estado. Outro componente que parece ser importante é a participação de águas pluviais no preenchimento dos poros destas formações na região altamente percolável da face praial (GUERRA *et al.*, 2005).

Segundo TURNER (1999), a precipitação de carbonato e, conseqüentemente, a formação do recife de arenito, é subaérea, onde há interação entre a água do freático e a cunha salina. Um fenômeno erosivo pode então expor esta rocha, que fica sujeita à colonização e endurecimento ao mesmo tempo em que é erodida pelas ondas. Com o passar do tempo ocorre a formação de brechas e canais de escoamento nas linhas de recifes (figura 6.4). Estes fenômenos podem ser sucessivos, formando várias linhas de recifes paralelos à costa. A formação destes ambientes influencia no regime de transporte e deposição de material no sistema praial, acentuando o transporte paralelo por deriva no interior dos canais e atenuando o transporte perpendicular por correntes de retorno.

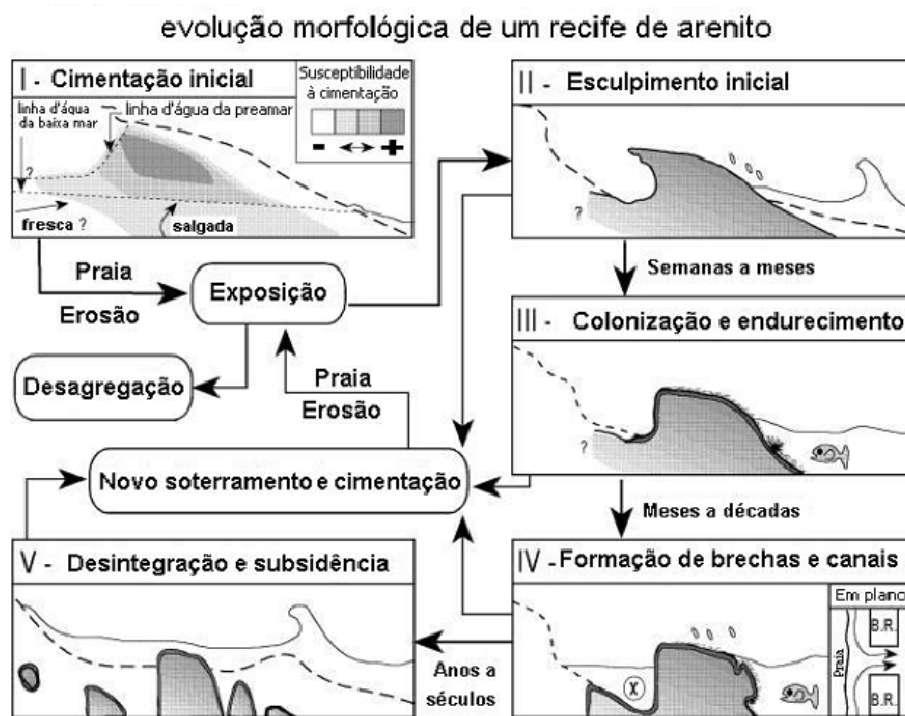


Figura 6.4 - Evolução morfológica de um recife de arenito (modificado de TURNER, 1999).

As rochas em questão assemelham-se muito com os recifes inorgânicos holocênicos que ocorrem no nordeste brasileiro já descritos por diversos autores (BIGARELLA, 1975; PALMA & LAPRIDA, 1997; CHAVES, 2000; GUERRA, 2005), compostos predominantemente por grãos de quartzo envoltos em cimento carbonático com a presença de conchas fragmentadas ou inteiras de moluscos.

A ocorrência predominante de aragonita sobre a calcita sugere um clima mais quente que o atual durante a formação destas rochas. Águas carbonatadas contendo cálcio depositam aragonita em maior quantidade quando estão quentes e calcita quando frias, porém este mineral está presente na camada nacarada de muitas conchas (Dana, 1959).

KLEIN et al. (2004), descrevem um recife de arenito submerso, muito semelhante ao aqui estudado, entre as isóbatas de 12 e 16 m no canal de São Sebastião, litoral paulista. Datações ao  $^{14}\text{C}$  da rocha total forneceram idades de  $7.800 \pm 80$  anos A.P. (Cena 201) e  $8.000 \pm 80$  anos A.P. (Cena 202).

Os primeiros dados das datações ao  $^{14}\text{C}$  da amostra R18 indicam 8.500 anos A.P. como idade de formação da rocha, que ocorre a 18 m de profundidade. Considerando-se que essas rochas podem formar-se a 2 ou 3 metros abaixo da superfície, o nível relativo do mar estaria a cerca de 16 metros abaixo do atual a 8.500 anos A.P.. Se considerarmos que o NRM estava 3,5 m acima do atual a 5.500 anos A.P. , teremos 19,5 m de desnível em 3000 anos, o que resulta em uma taxa de subida anual de  $0,65\text{cm.ano}^{-1}$ . Apesar deste valor estar de próximo de taxas calculadas ao redor do mundo, há alguns problemas com as datações destas rochas. As proporções dos isótopos de C indicam origem continental o que, por enquanto, não pode ser explicado. Já a rocha que ocorre a 33 m de profundidade, forneceu idades perto de 25.000 anos A.P. Se este dado estiver correto, esta rocha foi formada anteriormente ao máximo regressivo de 18.000 anos atrás. Se a 18.000 anos A.P. o mar estava a cerca de 100 m abaixo do nível atual e a 25.000 anos A.P. estava a cerca de 31 m abaixo do atual, teremos desnível de 69 m em 7.000 anos, que daria queda do NRM a uma taxa de  $0,98\text{ cm.ano}^{-1}$  para o período entre 25.000 e 18.000 anos A.P.

As características destas rochas indicam que foram formadas em ambiente praial, fato que sugere um clima regional mais quente que o atual em nosso litoral no final do Pleistoceno e início do Holoceno, o que contraria o esperado para um período vindo de um máximo glacial que teria atingido o ótimo climático há 5000 anos A.P. (SUGUIO, 1998).

As características morfodinâmicas da plataforma interna mostram que o depósito sedimentar mais fino encontrado na plataforma ocorreu na menor profundidade observada (8 metros), onde as marcas onduladas observadas

foram as menores (6 a 7 cm de comprimento e 1 a 2 cm de altura). Inversamente, as maiores formas encontradas ocorreram a 19 metros de profundidade (1,60 m de comprimento e 45 cm de altura) em areias médias a grossas. Apesar da interação das ondas com o fundo aumentar na razão inversa da profundidade, parece que a capacidade de coesão e a maior presença de organismos bentônicos nos sedimentos finos, torna-os mais resistentes a remobilização. As direções das cristas observadas foram predominantemente entre N30/45E, atingindo ocasionalmente N75E. Considerando que as cristas das marcas onduladas tendem a coincidir com as cristas dos trens de ondas, pode-se afirmar que as ondas mais freqüentes na região provém do quadrante sudeste, variando um pouco mais para leste ou para sul. A ocorrência de cristas orientadas para S80E, sugere trens de ondas provenientes do quadrante nordeste mas, como o fato foi observado em apenas um local e como marcas secundárias, preferiu-se tratá-las como marcas de ondas cruzadas descritas por CLIFTON (1976). A granulação média dos sedimentos inconsolidados controla o tamanho das formas de fundo, sendo menores em sedimentos finos e maiores em sedimentos mais grossos.

Pode-se afirmar que os registros observados durante as campanhas de campo indicam um regime de ondas predominantemente geradas por ventos de sudeste para a região da plataforma interna estudada, frisando que os dados refletem o momento da observação, que pode ser resultante da passagem do último evento de maior energia e não o padrão de bom tempo que ocorria quando foram efetuadas as observações.

Ondulações de areia (*sand waves*) assimétricas com comprimento de onda de 1,5 m, que indicam fluxos unidirecionais ou predominância de uma direção principal de fluxo, foram encontradas apenas no ponto C1. A passagem de sistemas frontais pelo litoral paranaense, transferindo grandes quantidades de energia eólica sobre a superfície marinha, produz ondas altas que geram correntes com um fluxo direcional principal de sul para norte. A direção das cristas N75E e a análise da dorsal (*stoss side*) e frontal (*lee side*) indicando migração para N15W, sugerem que essas ondas de areia foram formadas por correntes preferenciais provenientes do quadrante SE, geradas pela passagem destes sistemas frontais de alta energia.

Analisando-se as imagens de sonar de varredura lateral, pode-se comprovar o padrão simétrico das formas de fundo, que sugere a ação de correntes bidirecionais geradas por ondas sobre os sedimentos. Formas maiores identificadas são, aparentemente, ondas de areia com cristas orientadas para NE-SW e podem estar associadas a correntes de sul para norte geradas por sistemas frontais provenientes do sul que transferem maior quantidade de energia ao ambiente.

Determinar a profundidade máxima onde há movimento significativo de sedimentos ou seja, a profundidade de fechamento do perfil (*closure depth* -  $D_c$ ) (BRUNN, 1962; SCHWARTZ, 1967; DEAN 1991) é importante para plataformas cuja dinâmica é dominada por ondas ou tempestades, não podendo ser considerada em ambientes onde correntes geradas por outros fatores possam ser predominantes (GRUBER, 2002). A profundidade de fechamento do perfil na região de Tramandaí (Rio Grande do Sul) situa-se próxima da isóbata de 20 m, onde ocorrem mudanças significativas no perfil topográfico e na distribuição dos sedimentos de fundo. NICHOLS *et al.* (1998) indicam uma profundidade de fechamento entre 9 e 10 metros em monitoramentos de perfis realizados na costa da Carolina do Norte (EUA). Porém, BEAVERS (1999) destaca o caráter da profundidade de fechamento ser interdependente dos eventos extremos de tempestades com base em dados coletados em Duck na Carolina do Norte durante a passagem do furacão Felix em 1995. No Paraná, a mudança do gradiente entre 8 e 10 metros de profundidade poderia ser suficientemente expressiva para sugerir que o limite inferior da shoreface situe-se próximo dos 10 metros, coincidindo com os modelos de LESSA *et al.* (2000) (figura 3.1.2) e SOUZA *et al.* (2003) (figura 3.1.3) para a paleo-shoreface na planície costeira adjacente à área. Um perfil transversal à linha de costa, ao sul do Arquipélago de Currais demonstra que esta quebra não fica tão evidente (figura 6.5). A ocorrência de sedimentos mais finos também pode ser um indicativo da diminuição do poder de retrabalhamento das ondas a partir dos 8 metros de profundidade.

Com base na batimetria da área estudada pode-se tecer algumas considerações sobre a *profundidade de fechamento do perfil* ou a *profundidade de alcance das ondas de bom tempo*.

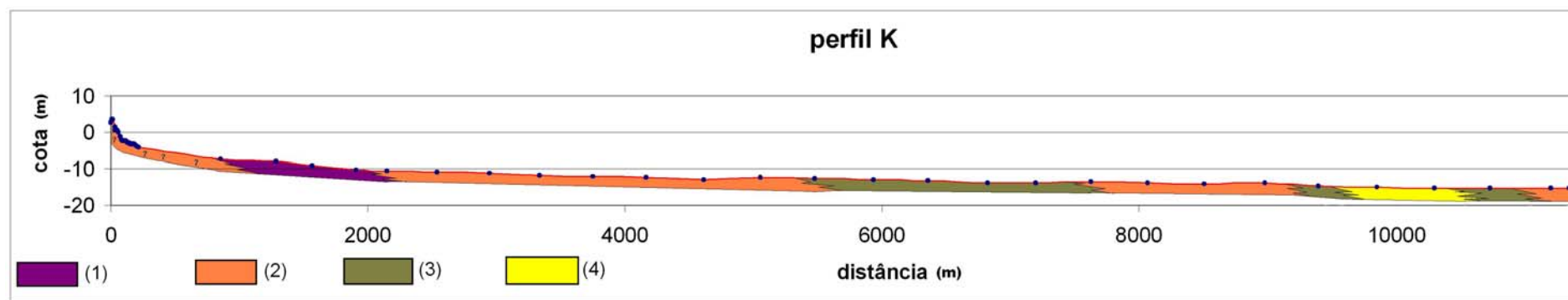


Figura 6.5 - Perfil batimétrico com a granulação do sedimento superficial na porção central da área estudada (1)Areia muito fina; (2)Areia fina; (3)Areia média; (4)Areia grossa. (Exagero vertical aproximado de 30X).



Durante as tempestades, a energia de ondas é maior e o registro deposicional irá preservar a história destes eventos episódicos, podendo erodir em parte ou totalmente os registros da deposição ocorrida durante períodos anteriores. Após estes eventos, com a gradual diminuição na energia, formam-se estruturas geradas por deposição gradacional que ficam preservadas quando atingem a zona de soterramento permanente do leito oceânico. A profundidade desta zona está diretamente relacionada com a intensidade das tempestades, sendo por isso tão frequente a ocorrência de inconformidades erosivas nas camadas sedimentares da área de estudo. Este caráter episódico de deposição é importante para a interpretação de depósitos sedimentares e também indica que a profundidade de fechamento do perfil varia de acordo com clima de ondas. Além disso, uma variação significativa no volume de material retrabalhado é um conceito empírico e mutável, sendo o balanço sedimentar e o regime hidrodinâmico da região os fatores que irão influenciar na capacidade e na velocidade de recuperação de um perfil costeiro frente a um episódio de alta energia. Considerando-se a natureza mutável das condições de energia de ondas e a amplitude de marés, seria mais adequado determinar não uma profundidade de fechamento ( $D_c$ ) mas um **setor de fechamento de perfil ( $S_c$ )**, que seria uma faixa iniciando em uma quebra visível no gradiente onde ocorre depósito de sedimento mais fino, neste caso 8 metros de profundidade e a ocorrência de material palimpséstico a 10 m de profundidade. Uma aplicação prática da definição deste setor é estabelecer em programas de gerenciamento costeiro, um zoneamento de áreas fonte para a exploração de areia para programas de alimentação artificial de praias com problemas erosivos. A região onde seria permitida a exploração de areia estaria a uma profundidade tal que não afetasse o perfil de equilíbrio costeiro e, conseqüentemente, não interferisse no equilíbrio das praias.

Segundo WALKER & PLINT (1992), em sequências sedimentares formadas na plataforma interna, em águas marinhas rasas, as estruturas sedimentares são formadas por correntes unidirecionais e oscilatórias coexistindo e formando estruturas sedimentares de fluxo combinado.

Observando-se as estruturas sedimentares presentes nos 20 cm superiores do substrato da plataforma, nota-se que os sedimentos mais finos

são bem mais afetados pela bioturbação por serem ricos em nutrientes e favorecerem o desenvolvimento e a fixação de espécies bentônicas. Quanto à gênese, podem resumir-se em três tipos as estruturas sedimentares encontradas: 1) estratificações cruzadas tabulares, algumas vezes truncadas, tendendo a tangenciais na base, que podem ter sido formadas por correntes uni ou bi-direcionais; 2) laminações *wavy* e estratificações cruzadas *hummocky*, geradas por correntes bi-direcionais; 3) laminações plano-paralelas entre areias finas e areias muito finas ricas em silte, lentes de conchas, discordâncias erosivas, gradação normal, bioturbação e preenchimento de orifícios de organismos por material mais fino ou mais grosso que o depósito, todos originados por variações na energia presente no fluído neste ambiente deposicional.

A robustez das formas de fundo esta mais relacionada com o tamanho dos grãos que compõe os sedimentos do que com a profundidade. As maiores formas encontradas estão em locais mais profundos com sedimentos mais grossos e as menores em locais mais rasos em sedimentos mais finos (figuras 6.6 e 6.7).

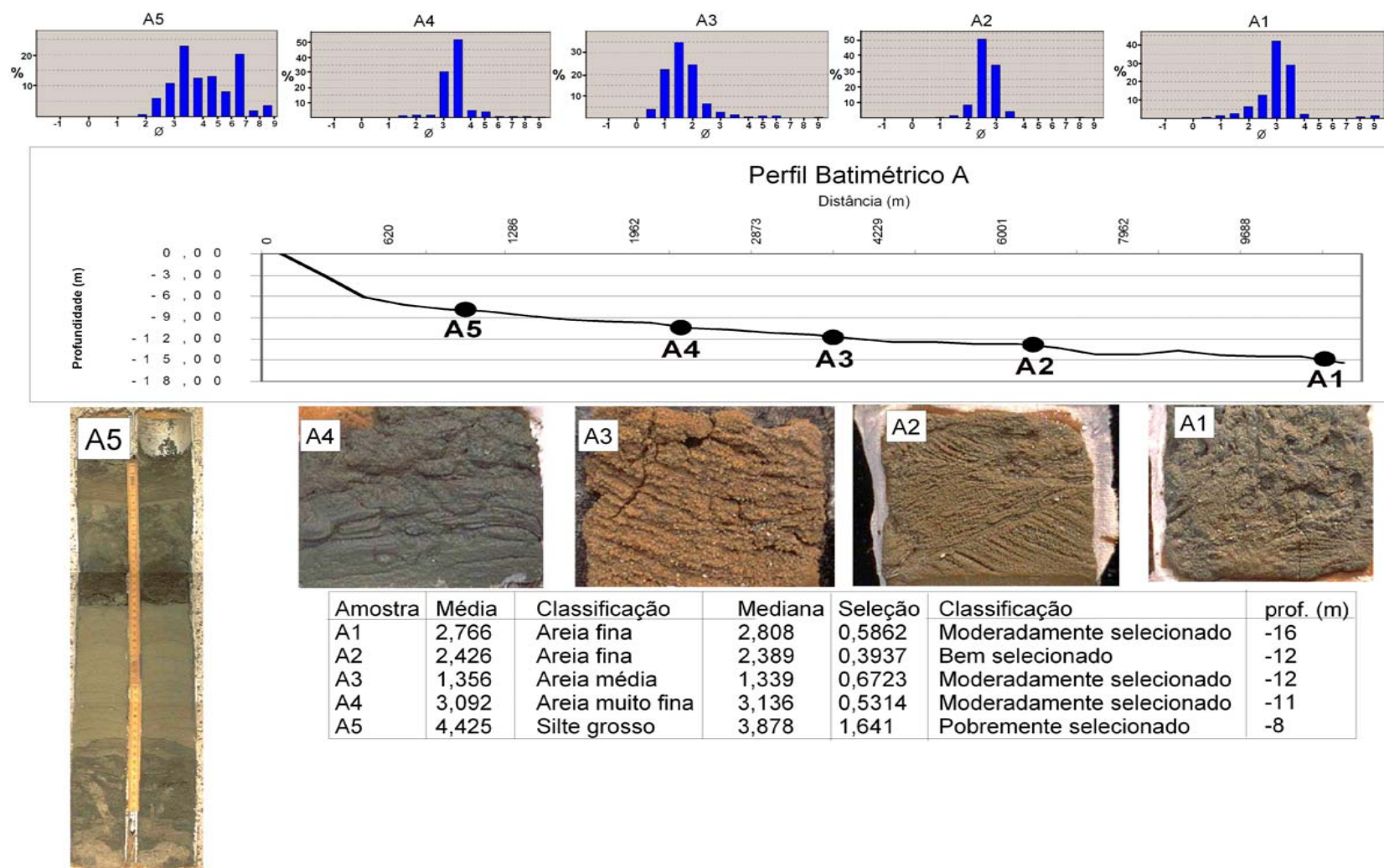


Figura 6.6 – Resumo dos dados obtidos no perfil A, com sua posição ao longo do perfil batimétrico.

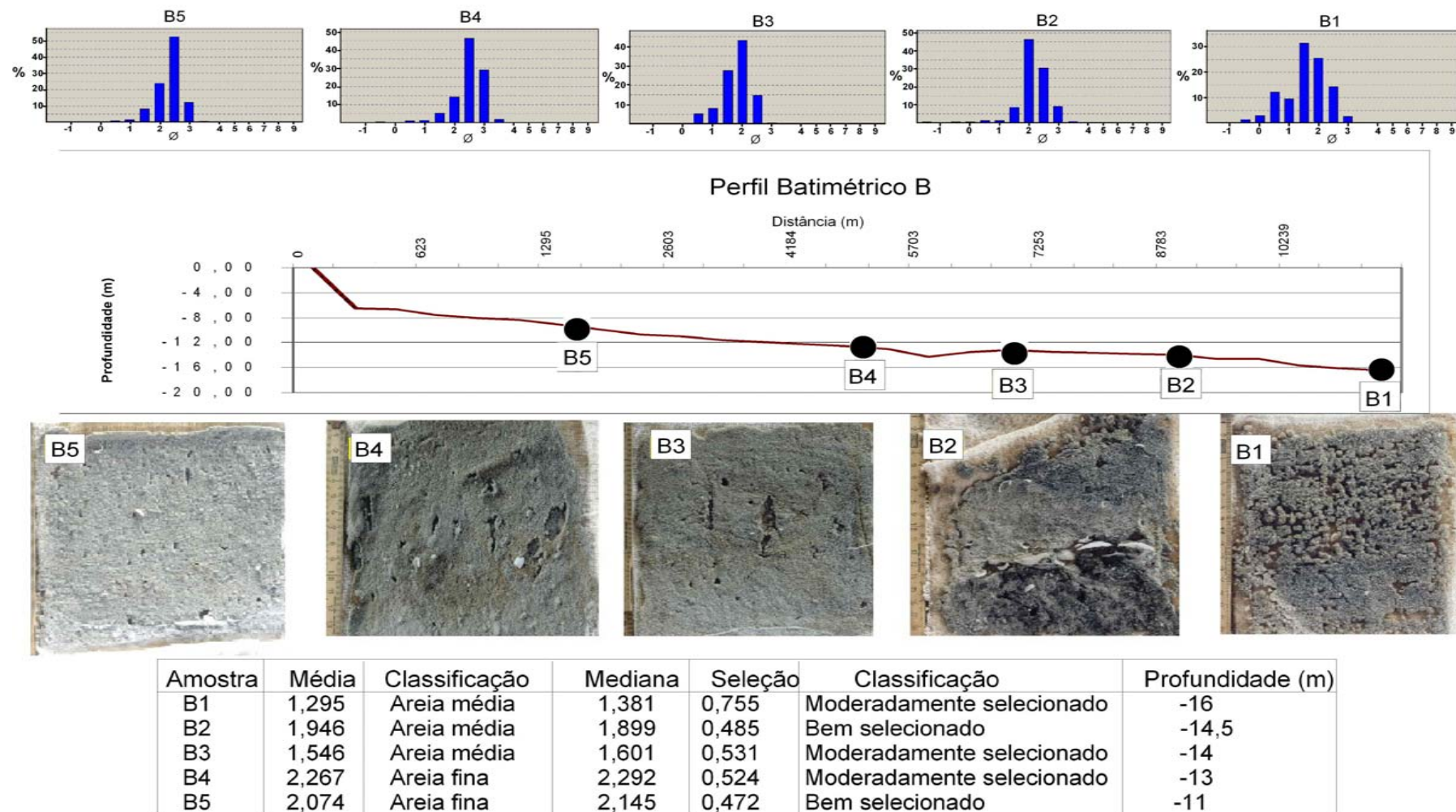


Figura 6.7 – Resumo dos dados obtidos no perfil B, com sua posição ao longo do perfil batimétrico.

A alternância de lâminas de areia fina a muito fina, ricas em silte e, subordinadamente, argila resultando em um padrão de laminação plano-paralela em boa parte das sondagens observadas, sugere mudanças episódicas na energia do ambiente deposicional. Estas sucessões deposicionais aparentam ter se depositado em ambiente de plataforma rasa, sendo muito semelhante à descrita aflorando na porção distal da face da costa atual, abaixo de 8 m de profundidade na área estudada e que foi interpretada como depósito recente. A gradação normal é comumente observada, sendo causada pela decantação diferencial com a queda da energia presente no fluido e marca o máximo nível erosivo de um episódio de alta energia de ondas, atualmente relacionado com a passagem de sistemas frontais provenientes de sul comuns na região. Acima destas, as camadas de areia remanescentes de ambientes pretéritos diferentes dos atuais (canais, barras, praias), que estão sendo retrabalhados atualmente, podem ser classificadas como depósitos palimpséticos. A remobilização destas camadas fica evidente quando se observa a gradação normal presente, muitas vezes repetindo-se na mesma camada. Isto ocorre pelo caráter episódico e variável, inerente a este tipo de ambiente deposicional que é bem caracterizado por NIEDORODA *et al.* (1989). O grau de bioturbação nestes depósitos é inversamente proporcional a granulometria. BORZONE *et al.* (1999), relatam que a quantidade e variedade de organismos com preferência por sedimentos mais finos são maiores na região pois, a disponibilidade de nutrientes diminui drasticamente nas areias médias e grossas. A baixa ocorrência de finos nestes sedimentos também poderia ser resultante da maior susceptibilidade ao transporte do material fino em suspensão. Ou seja, a presença destas camadas tanto pode ser resultado da herança geológica do substrato como da seleção pós-deposicional durante os diversos eventos de retrabalhamento. Muito provavelmente, os dois processos contribuem para a atual configuração destas camadas.

A ocorrência de sedimentos finos e de *Blymasphaera brasiliensis* (BRÖNNIMANN, 1988) um foraminífero de carapaça orgânica pouco conhecido característico de interior de estuários e duas datações ao  $^{14}\text{C}$  realizadas na matéria orgânica levaram à formulação da hipótese de tratar-se de camadas pertencentes ao substrato pleistocênico. Esta interpretação conduz à hipótese de uma plataforma interna rasa com uma camada de sedimentos holocênicos

de apenas 30 cm em alguns locais, ou seja, um baixo suprimento de sedimentos no sistema durante a última transgressão holocênica. SOUZA (2005) encontra camada semelhante na planície costeira adjacente à área de estudo a 8 m de profundidade, interpretando-a como pertencente ao substrato pleistocênico baseado na datação ao  $^{14}\text{C}$  de 30.900 $\pm$  900 anos A.P.. Na camada acima desta, outra datação ao  $^{14}\text{C}$  de 7.251-6.804 anos A.P. leva a autora a posicionar a superfície erosiva do Holoceno sobre o Pleistoceno nesta profundidade (figura 6.8). A distância entre a sondagem submersa e a da planície costeira é de pouco mais de 12 km, portanto a diferença nas profundidades e nas idades possibilita a correlação entre as camadas.

A observação das estruturas sedimentares, sondagens e formas de fundo, permitem caracterizar a plataforma interna do litoral central do estado do Paraná como dominada por tempestades. Estas observações indicam que o principal controlador da dinâmica deposicional atual é o regime de ondas. O registro deposicional preservado após uma tempestade, será o retrato deste evento episódico de maior energia, podendo erodir em parte ou totalmente os registros da deposição ocorrida durante períodos de calmaria.

Após estes eventos, com a gradual diminuição na energia, formam-se depósitos com gradação normal que ficam preservadas quando atingem a zona de soterramento permanente do leito oceânico. A profundidade desta zona está diretamente relacionada com a intensidade das tempestades, sendo por isso tão frequente a ocorrência de inconformidades erosivas nas camadas sedimentares da área de estudo. As estruturas sedimentares nos 20 primeiros centímetros abaixo do substrato marinho, indicam que a deposição pós-tempestades atinja até 20 cm de espessura entre 8 e 11 metros de profundidade e até 15 cm a 14,5 metros antes que um evento ainda maior possa destruir estes registros. É importante ressaltar que, a maioria dos dados indica um momento na história deposicional do ambiente, podendo sempre ser destruídos por um evento de energia ainda maior. Este caráter episódico de deposição na plataforma é importante quando da interpretação de camadas sedimentares depositadas em ambientes costeiros dominados por tempestades.



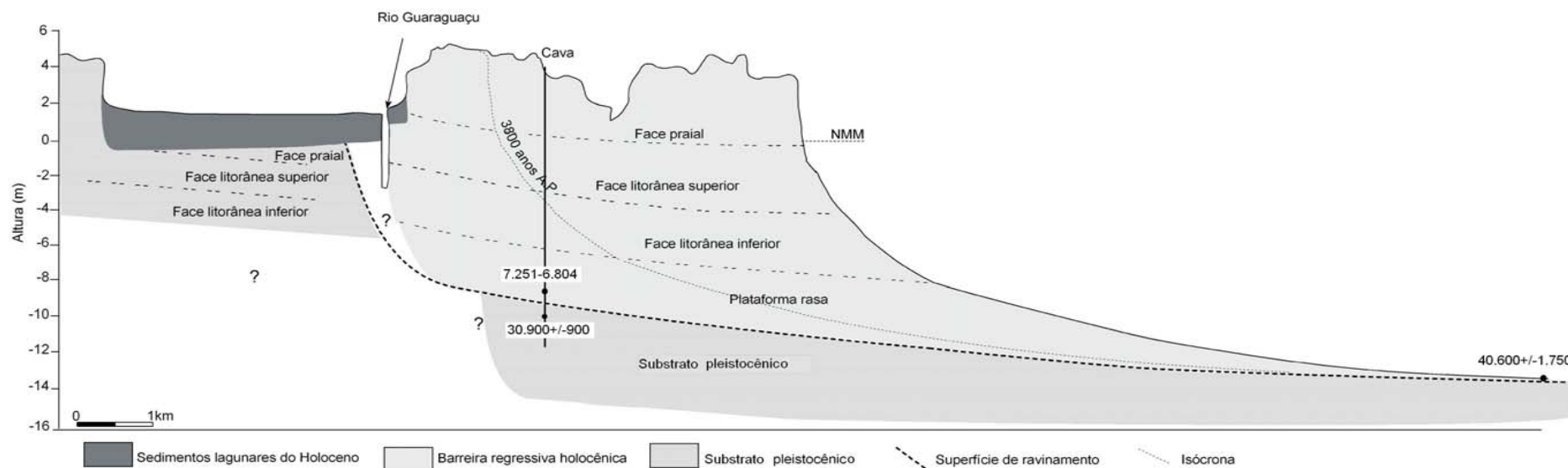


Figura 6.8 - Modelo evolutivo da barreira holocênica na região de Praia de Leste como proposto por SOUZA (2005) com as idades holocênicas e pleistocênicas que orientam o posicionamento da superfície erosiva.

A ocorrência de variações do nível relativo do mar (NRM) no Quaternário, contribuiu para criar um padrão de fácies mais complexo no sistema deposicional da área e da planície costeira adjacente. A cada variação do NRM haveria uma resposta do perfil da plataforma interna, ocorrendo erosão ou sedimentação se o NRM descesse ou subisse. Os corpos de areia média a grossa que ocorrem entre 10 e 12 m de profundidade, poderiam corresponder a barras e praias "afogadas" durante a elevação rápida do NRM no Holoceno. Já os finos poderiam ter sido depositados durante o máximo transgressivo ocorrido há 5.800 - 5.000 anos A.P. A superfície erosiva do Holoceno sobre o substrato pleistocênico encontrado a 8 metros de profundidade relativa ao NRM atual na planície costeira e a  $12 \pm 1$  m de profundidade na plataforma interna a 12 km de distância, proporciona uma superfície erosiva praticamente plana com um gradiente em torno de 1/2400.

Há 18.000 anos, toda a plataforma rasa paranaense encontrava-se emersa, sujeita a processos intempéricos diferentes dos atuais, com a presença de linhas de drenagem transportando sedimentos ao longo da plataforma diretamente para o talude. Com a descoberta dos recifes de arenito, pode-se supor que houve estabilizações do NRM durante a última grande transgressão holocênica, bem como que o paleo-clima poderia ser mais quente que o atual, semelhante ao existente no nordeste brasileiro no presente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, J. R. L., 1970. *Physical Processes of Sedimentation*. Elsevier. New York, 433 p.
- ALMEIDA, L. E. S. B., LIMA, S. F., TOLDO JR, E. E., 2001. Estimativa da capacidade de transporte de sedimentos a partir de dados de ondas para a costa do Rio Grande do Sul In: *VIII Congr. da Ass. Bras. de Estudos do Quaternário, ABEQUA*. Imbé-RS. Boletim de resumos, p. 59-60.
- ANGULO, R.J., 1992 – *Geologia da Planície costeira do Estado do Paraná*. Tese de doutorado. USP. São Paulo - SP. 334p.
- ANGULO, R. J., 1993. Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas últimas quatro décadas. *Boletim Paranaense de Geociências*. Curitiba. 41: 52-72.
- ANGULO, R. J., 1995. Feições deposicionais associadas às desembocaduras dos complexos estuarinos da costa paranaense. *V Congr. da Ass. Bras. de Estudos do Quaternário, ABEQUA*. Niterói-RJ. Anais. p. 58-64.
- ANGULO, R. J., 1996. Problemas Na Terminologia de Ambientes e Subambientes Litorâneos Clásticos Dominados Por Ondas. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, v. 44, p. 51-57.
- ANGULO, R. J., 1999. Morphological characterization of the tidal deltas on the coast of the state of Paraná. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 71: (4-II): 935-959.
- ANGULO, R.J. & ARAÚJO, A.D., 1996. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea. *Boletim Paranaense de Geociências*. Curitiba. 44: 7-17.
- ANGULO, R. J. & LESSA, G. C., 1997. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, 140: 141-166.
- ANGULO, R. J. & SOUZA, M. C., 1998. Morfodinâmica costeira. In: *Meio ambiente e desenvolvimento no litoral do Paraná: Diagnóstico*. LIMA, R. E. & NEGRELLE, R. R. B. (organizadores). Editora UFPR. 266p.
- ANGULO, R. J. & SUGUIO, K., 1995. Re-evaluation of the Holocene sea-level maxims for State of Paraná, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 113: 385-393.

- ANGULO, R. J., LESSA, G. C., SOUZA, M. C. de, 2004 A Critical Review of the Mid-to Late Holocene Sea-level Fluctuations on the Eastern Brazilian Coastline. *Quaternary Science Review* (submetido).
- ANGULO, R. J., SOUZA M. C. de, REIMER, P. .J., SASAOKA, S. K., 2005. Reservoir effect of southern and southern-east Brazilian coast. *Radiocarbon* 47(1):1-7.
- APPA – Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina, 1994. *Resumo dos serviços de dragagem de manutenção do canal de acesso ao porto de Paranaguá*. Inédito.
- BEAVERS, R. L., 1999. Storm sedimentation on the surf zone and inner continental shelf, Duck, North Carolina. Tese de doutorado. Duke University. 115p.
- BIGARELLA, J. J., 1975. Reef sandstones from Northeastern Brazil (A survey on sedimentary structures). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 47: 395-409.
- BIGARELLA, J. J. , BECKER, R. D. , MATOS, D. J., WERNER, A., 1978 – *A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná . Um problema de segurança ambiental e nacional*. Curitiba, SEPL/ADEA. 249p.
- BIGARELLA, J. J., FREIRE, S. S., SALAMUNI, R., VIANA, R., 1966. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes II - praias de Matinhos e Caiobá. *Boletim da Universidade Federal do Paraná, Geografia Física*, 6: 1-113.
- BORZONE, C. A., GUTSEIT, K. C., SOARES, C. R., 1999. Sedimentos e macrofauna bentônica da zona de águas rasas da praia de Matinhos, Paraná, Brasil. *Atlântica*, 21: p.43-58.
- BRANDINI, F. P.; ANDRIGUETO, J. M.; SILVA, A. S.; VEIGA, F. A.; CARRILHO, J. C.; MARONE, E.; ANGULO, R. J., 2003. Recifes artificiais marinhos: uma proposta de conservação da biodiversidade e desenvolvimento da pesca artesanal através de um parque marinho na costa do Estado do Paraná. (Relatório de pesquisa - PADCT).
- BRUUN, P., 1962. Sea-level rise as a cause of shore erosion. American Society of Civil Engineers Proceedings, *Journal Waterways & Harbors Division*, 88: 117-130.
- BRUUN, P., 1983. Review of conditions for uses of the Bruun Rule of erosion. *Coastal Engineering*, 7: 77-89.

- BRUUN, P., 1988. The Bruun Rule of erosion by sea-level rise: a discussion on large-scale two- and three-dimensional usages. *Journal of Coastal Research*, 4 (4): 627-648.
- CAMARGO, M. G., 1999. *SysGran para Windows: sistema de análises granulométricas*. Pontal do Sul - PR.
- CARVER, R. E., 1971. *Settling analysis*. In: *Procedures in sedimentary petrology*. Wiley -Interscience, New York, p.427-452.
- CHANG, H. K., KOWSMANN, R. O., FIGUEIREDO, A. M. F., BENDER, A. A., 1992. Tectonics and stratigraphy of the Rast Brazil Rift system: an overview. *Tectonophysics*, 213: p.97-138.
- CHANG, Y. H., SCRIMSHAW, M. D., LESTER, J. N., 2001. A revised Grain-Size Trend Analysis program to define net sediment transport pathways. *Computers & Geosciences*, 27: 109-114.
- CHAVES, N. S. & SIAL, A.N., 1999. Mixed oceanic and freshwater depositional conditions for beachrocks of NE Brazil: evidence from C and O isotopes. *International Geological Review*, 40: 748-754.
- CLIFTON, H. E., 1976. Wave formed sedimentary structures. A conceptual model. In: *Beach and Nearshore Sedimentation* (Eds. DAVIS, J. R. & ETHINGTON, R. L.). SEPM Special Publication, 24: 126-148.
- DANA, J. D., 1978. *Manual de Mineralogia*. Livros Técnicos e Científicos Editora. 642p.
- DAVIS JR., R. A., 1983. *Depositional systems*. Prentice-Hall. Nova Jersey. Vol.2. p.402-669.
- DEAN, R. G., 1991. Equilibrium Beach Profiles: characteristics and applications. *Journal of Coastal Research* 7:1:53-58.
- DHN - DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 1961. *Carta Náutica Número 1820 – Proximidades da Barra de Paranaguá*. Marinha do Brasil (corrigida em 1991).
- DISARÓ, S. T., SOUSA, S. H. M., VEIGA, F. A., ANGULO, R. J., 2001. Foraminíferos da plataforma continental interna rasa do estado do Paraná, Brasil. *Anais do VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA*. Imbé - RS. 600 p.

- EMERY, K.O., 1968. Relict sediments on continental shelves of the world. *Bulletin, American Association of Petroleum Geologists*, 52(3): p.445-464.
- FISHER, W. L. & MCGOWEN, J. H., 1967. Depositional systems in the Wilcox Group of Texas and their relationship to the occurrence of oil and gas. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies*, 17: 105-125.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C., 1957. Brazos River Bay: Study of the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-27.
- GAO, S., 1996. A Fortran program for grain-size trend analysis to define net sediment transport pathways. *Computers & Geosciences*, 22-4: 449-452.
- GAO, S. & COLLINS, M., 1991. A critique of the McLaren method for defining sediment transport paths-discussion. *Journal of Sedimentary Petrology*, 61: 143-146.
- GAO, S. & COLLINS, M., 1992. Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of transport vectors. *Sedimentary Geology*, 81: 47-60.
- GAO, S. & COLLINS, M., 1994. Analysis of grain size trends, for defining sediment transport pathways in marine environments. *Journal of Coastal Research*, 10: 70-78.
- GROSS, M. G., 1971. Carbon determination. In : CARVER, R. E. ed., 1971. *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley – Interscience, New York, p. 573-596.
- GRUBER, N. L. S., 2002. A antepraia na região de Tramandaí - RS. Tese de doutorado. UFRGS. 207p.
- GRUBER, N. L. S., CORRÊA, I. C. S., NICOLODI, J., BARBOZA, E., REICHART, K., 2001. Limites de influência morfo-sedimentar da antepraia com a plataforma continental interna do litoral norte do Rio Grande do Sul. In: *VIII Congr. da Ass. Bras. de Estudos do Quaternário, ABEQUA*. Imbé-RS. Boletim de resumos, p. 214 - 215.
- GUERRA, N. C., CHANG, H. K., SIAL, A. N., 2005. Carbonate cements in contemporaneous beachrocks, Jaguaribe beach, Itamaracá island, northeastern Brazil: petrographic, geochemical and isotopic aspects. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 77 (2): 343-352.



- HARARI, J. & CAMARGO, R. de, 1994. Simulação da propagação das nove principais componentes de maré na plataforma sudeste brasileira através de modelo numérico hidrodinâmico. *Bol. Inst. Ocean.* – USP. 42(1): p.35-54.
- HAYS, J. D., IMBRIE, J., SHACKLETON, N. J., 1976. Variations in the Earth's orbit: peacemaker of the ice ages. *Science*, 194. 2212-2232.
- INGRAM, R. L., 1954. Terminology for the thickness of stratification and parting units in sedimentary rocks. *Geological Society of America Bulletin*, 65: 937-938.
- IPARDES, 1990 – *Macrozoneamento da APA de Guaraqueçaba*. Curitiba. Vol. 02. 257p.
- IPARDES, 1991 – *Diagnóstico físico ambiental da Serra do Mar - área sul*. Curitiba. Vol. 02. 107p.
- KLEIN, D. A., RODRIGUES, M., MAHIQUES, M. M., FURTADO, V. V., 2004. Caracterização de beachrocks submersos no canal de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo. *Anais do II Simpósio Brasileiro de Oceanografia*. São Paulo. CD de resumos. V. único.
- KOMAR, P. D., 1998. *Beach process and sedimentation*. Prentice-Hall. Nova Jersey. 544p.
- LAMOUR, M. R., 2000. Dinâmica sedimentar do Canal da Galheta, via de acesso ao porto de Paranaguá - PR. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Paraná. Paraná - PR. 100p.
- LAMOUR, M.R.; ANGULO, R.J.; SOARES, C.R., Submetido. Bathymetric evolution of critical silting sectors on Galheta channel, access way to Paranaguá port, Paraná State – Brazil. *Journal of Coastal Research*.
- LAMOUR, M. R., NOERNBERG, M. A., QUADROS, C. J. L., ODRESKI, L. L. R., SOARES, C.R., 2003. Erosão na desembocadura sul da baía de Paranaguá e sua relação com o assoreamento do canal da Galheta. *Anais do IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA*. Recife - PE. CD. Vol. único.
- LAND, L. S., 1979. The fate of reef-derived sediment on the North Jamaica island slope. *Marine Geology*, 29: 55-71.
- LESSA, G. C., 2000. *Apostila do curso de geologia marinha*. Laboratório de Estudos Costeiros - CPGG - IGEO – UFBA.

- LESSA G. C., ANGULO R. J., GIANNINI P. C. F., ARAÚJO A. D. 2000. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. *Marine Geology*, 165:87-108.
- Le ROUX, J. P., 1994 (a). A spreadsheet template for determining sediment transport vectors from grain-size parameters. *Computers & Geosciences*, 20:3:433-440.
- Le ROUX, J. P., 1994 (b). An alternative approach to the identification of net sediment transport paths based on grain-size trends. *Sedimentary Geology*, 94: 97-107.
- Le ROUX, J. P., O'BRIEN, R. D., RIOS, F., CISTERNAS, M., 2002. Analysis of sediment transport paths using grain-size parameters. *Computers & Geosciences*, 28: 717-721.
- LIMA, R. E., NEGRELLE, R. R. B., ANDRIGUETTO, J. M., BITTENCOURT, A. V. L., LANA, P. C., CANALI, N. E., ANGULO, R. J., 1998. Caracterização do NIMAD e do litoral paranaense. In: *Meio ambiente e desenvolvimento no litoral do Paraná: Diagnóstico*. LIMA, R. E. & NEGRELLE, R. R. B. (organizadores). Editora UFPR. 266p.
- MAACK, R., 1968 – *Geografia física do Estado do Paraná*. Curitiba, BADEP/UFPR/IBPT 350p.
- McCAMMON, R. B., 1962. Efficiencies of percentile measurements for describing the mean size and sorting of sedimentary particles. *Journal of Geology*, 70: 453-465.
- McLAREN, P., 1981. An interpretation of trends in grain size measures. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51 (2):611-624.
- McLAREN, P. & BOWLES, D., 1985. The effects of sediment transport on grain-size distributions. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55:4:457-470.
- MARENZI, A. W. C., 2004. Development of mussels *perna perna* (LINNAEUS, 1758) (mollusca-bivalvia) in culture in South Brazil. *Proceedings of 8<sup>th</sup> Internacional Coastal Symposium*. Itajaí - SC.
- MARONE, E. & CAMARGO, R. de, 1994. Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná: o evento de 18 de agosto de 1993. *Nerítica*. 8(1-2). p.73-85.
- MORSE, J. W., 2003. Formation and diagenesis of carbonate sediments. In: *Treatise on Geochemistry*. Elsevier. p. 67-85.

- NICHOLS, R. J., BIRKEMEIER, W. A., LEE, G. 1998. Evaluation of depth closure using data from Duck, NC, USA. *International Journal of Marine Geology, Geochemistry and Geophysics*. 148:179-201.
- NIEDORODA, A. W., SWIFT, D. J. P., THORNE, J. A., 1989. Modeling shelf storm beds: control of bed thickness and bedding sequence. In: *Shelf Sandstones, Shelf Depositional Sequences and Petroleum Accumulation: a Symposium. Seventh Annual Research Conference Proceedings, Society of Paleontologists and Mineralogists*. Tulsa, OK. p. 15-39.
- NITTROUER, C. A. & STERNBERG, R. W., 1981. The formation of sedimentary strata in an allochthonous shelf environment: the Washington Continental Shelf. *Marine Geology*, 42: 201-232.
- NOERNBERG, M. A., 2001. Processos morfodinâmicos no complexo estuarino de Paranaguá - Paraná - Brasil. Um estudo a partir de dados in situ e LandSat TM. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 180 p.
- PALMA, R. M. & LAPRIDA, C., 1997. Cementación marina reciente y contenido micropaleontológico en arenitas de playa "beachrock" en la costa de Salvador (Praia da Paciência), Bahía, Brasil. *AAS Revista*. 4 (1): 37-48.
- PARKER G., LANFREDI N. W., SWIFT D.J.P. 1982. Seafloor response to flow in a Southern Hemisphere sand ridge field: Argentine inner shelf. *Sedimentary Geology*, 33:195-216.
- PEDREROS, R., HOWA, H. L., MICHEL, D., 1996. Application of grain size trend analysis for the determination of sediment transport pathways in intertidal areas. *Marine Geology*, 135: 35-49.
- PETHICK, J., 1984. *An introduction to coastal geomorphology*. Arnold. Londres. 260p.
- PILKEY, O. H., YOUNG, R. S., RIGGS, S. R., SMITH, A. W. S., WU, H., PILKEY, W. D., 1993. The concept of shoreface profile of equilibrium: a critical review. *Journal of Coastal Research*, 9 (1): 255-278.
- PORTOBRAS – EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL S. A., 1983. *Campanha de medições de ondas em Paranaguá-PR no período de 21/08/1982 a 21/01/1983*. INPH – DIDELE. Rio de Janeiro. 90p.
- QUADROS, C. J. L., 2002. *Morfodinâmica praial associada a passagens de sistemas frontais em duas praias arenosas do litoral paranaense*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Paraná. Curitiba 2002.

- RIBEIRO JR., P. J., 2002. *Geoestatística Aplicada*. Apostila de curso em nível de mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- RUSSEL, R. D. & TAYLOR, R. E., 1937. Roundness and shape of Mississippi River sands. *Journal of Geology*, 45: 225-267.
- SAYÃO, O. J., 1989. Litoral drift along some beaches in Brazil. Proc. 6<sup>th</sup> Symp. Coast. Ocean Manag. Charleston, USA. *American Society of Civil Engineers*. (4): 3638-3746.
- SCHWARTZ, M. L., 1967. The BRUUN theory of sea-level rise as a cause of shore erosion. *Journal of Geology*, 75: 76-92.
- SEIBOLD, E. & BERGER, W. H., 1993. *The Sea Floor – an introduction to marine geology*. Springer – Verlag. Berlim. 356p.
- SEILACHER, A., 1982. *General remarks about event deposits*. In: Cyclic and Event Stratification (Eds. EINSELE, G. & SEILACHER, A.). Springer-Verlag, New York, p. 161-174.
- SHEPARD, F.P., 1973. *Submarine Geology*. Harper & Rowm. Nova Iorque. 517 p.
- SHEPARD, F.P., 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24 (3): 151-158.
- SOUTHARD, J.B. & STANLEY, D.J., 1976. Shelf break processes and sedimentation. In: D.J. Stanley and D.J.P. Swift (Eds), *Marine Sediment Transport and Environmental Management*. John Wiley and Sons. Nova Iorque, p. 351-377.
- SOUZA, L. A. P., 2002. *Levantamento geofísico com sonar de varredura lateral para mapeamento de recifes artificiais na plataforma continental rasa do litoral sul do Estado do Paraná*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Relatório técnico nº 58.707. São Paulo.
- SOUZA, M. C., 2005. Estratigrafia e evolução das barreiras holocênicas paranaenses, sul do Brasil. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. 95p.
- SOUZA, M. A., ANGULO, R. J., ASSINE, M., DISARÓ, S. T., PESSEDA, L. C. R., ARAÚJO, A. D., ODRESKY, L. L. R., VEIGA, F. A., SOUSA, S. H. M. 2003. Evolução da barreira holocênica no litoral do Estado do Paraná, sul do Brasil. 2003. IX Congr. da Ass. Bras. de Estudos do Quaternário, ABEQUA. Recife-PE. Boletim de resumos, p. 85.

- SUGUIO, K., 1973. *Introdução à Sedimentologia*. Editora Edgard Blucher/EDUSP, São Paulo, 317 p.
- SUGUIO, K., MARTIN, L., BITTENCOURT, A. C. S. P., DOMINGUEZ, J. M. L., FLEXOR, J. M., AZEVEDO, A. E. G., 1985. Flutuações do nível relativo do mar do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15 (4): 273-286.
- SUGUIO, K., 1998. *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins*. Bertrand Brasil, rio de Janeiro. 1222p.
- STUIVER, M. & REIMER, P.J. 1993. Extended  $^{14}\text{C}$  database and revised CALIB radiocarbon calibration program. *Radiocarbon*. 35:215-230.
- SWIFT, D. J. P., 1976. Continental Shelf Sedimentation. In: *Marine Sediment Transport and Environmental Management* (Eds. STANLEY, D. J. & SWIFT, D. J. P),. John Wily and Sons, Nova Iorque, p. 311-350.
- SWIFT, D. J. P., STANLEY, J., CURRAY, J. R., 1971. Relict sediments on continental shelves: a reconsideration. *Journal of Geology* 79: 322-346.
- SWIFT, D. J. P., HAN, G., VINCENT, C. E., 1986. Fluid process and sea floor response on a modern storm-dominated shelf: middle Atlantic shelf of North America. Part 1, the storm current regime. In: *Shelf Sands and Sandstones Reservoirs* (Eds Knight, R. J. & McLean, J. R.). Canadian Society of Petroleum Geologist Memoirs, 11: 99-119.
- SWIFT, D. J. P., LUDWICK, J. C., BOEHMER, W. R., 1972. Shelf sediment transport, a probability model. In: *Shelf sediment transport: processes and pattern*. (Eds. SWIFT, D. J. P., DUANE, D. P. & PILKEY, O. H.) Dowden Hutchinson & Ross. Stroudsborg, PA, p. 195-223.
- SWIFT, D. J. P. & THORNE, J. A., 1991. Sedimentation on Continental Margins, I - a general model for shelf sedimentation. *Special Publication of the International Association of Sedimentologists*. 14. 3-31.
- SWIFT, D. J. P., PHILLIPS, S., THORNE, J. A., 1991. . Sedimentation on Continental Margins IV: lithofacies and depositional systems. *Special Publication of the International Association of Sedimentologists*. 14. 89-152.
- TEIXEIRA, W., TOLEDO, M. C. M., FAIRCHILD, T. R., TAIOLI, F., 2000. *Decifrando a Terra*. Oficina de textos. São Paulo. 558p.

- TESSLER, M. G. e MAHIQUES, M. M., 2000. Para uma terminologia brasileira para o ambiente praial. *Anais do simpósio brasileiro sobre praias arenosas*. Itajaí-SC. 68-69.
- TOMAZELLI, L. J., 1990. *Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da província costeira do Rio Grande do Sul, com ênfase no sistema eólico*. Tese de Doutorado. UFRG. 270p.
- TURNER, R.J., 1999, Morphodynamic relationship between beachrock exposure and littoral zone processes on the west coast of Puerto Rico. Tese de doutorado. Chapel Hill, University of North Carolina, 400 p.
- VEIGA, F. A., 2004b. Sedimentologia, morfologia e dinâmica da face da costa no litoral central do estado do Paraná. Dissertação de mestrado. UFPR. 127p.
- VEIGA, F. A. & ANGULO, R. J., 2003. Sedimentologia da plataforma continental interna rasa na porção central da costa paranaense. *Anais do IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*. CD de trabalhos completos. Volume único.
- VEIGA, F. A., ANGULO R. J., MARONE E., 2001. Caracterização Macroscópica Dos Sedimentos da Plataforma Interna entre Pontal do Sul e Matinhos, Estado do Paraná. In: *VIII Congr. da Ass. Bras. de Estudos do Quaternário, ABEQUA*. Imbé-RS. Boletim de resumos, p. 227-228.
- VEIGA, F. A., ARAÚJO, A. D., ANGULO R. J., 2001b. Formas de fundo e estruturas sedimentares da Plataforma Continental Interna Paranaense. In: *VIII Congr. da Ass. Bras. de Estudos do Quaternário, ABEQUA*. Imbé-RS. Boletim de resumos, p. 229-230.
- VEIGA, F. A., ARAÚJO, A. D., ANGULO R. J., 2002. Estudo de viabilidade da utilização de jazidas submersas de areia média a grossa como fonte de material para engordamento de praias com problemas erosivos na costa paranaense. In: *Anais do I Simpósio Brasileiro de Oceanografia*. São Paulo-SP. CD de resumos. Volume único.
- VEIGA, F. A., ARAÚJO, A. D., ANGULO R. J., 2002b. Resultados preliminares da análise de sondagens realizadas no substrato da plataforma continental interna paranaense. In: *Anais do I Simpósio Brasileiro de Oceanografia*. São Paulo-SP. CD de resumos. Volume único.



- VEIGA, F. A., MACHADO, E. C., SANTOS, C., OLIVEIRA, V. M., 2004. *Auditoria ambiental das operações de dragagem no canal de acesso aos portos de Paranaguá e Antonina*. Relatório Técnico. CETEC - Paranaguá. 24p.
- VEIGA, F. A., ANGULO, R. J., CAZZOLLI Y GOYA, S., RODRIGUEZ, M., 2004c. Investigações com sonar de varredura lateral na plataforma rasa paranaense. *Anais do I Congresso Brasileiro de Oceanografia*. Itajaí - SC. CD de Resumos Volume único.
- VEIGA, F. A., ANGULO R. J., SÁ , ODRESKI L. L. R., LAMOUR M. R., DISARÓ S. T., (no prelo). Origin of mud deposits in a wave dominated shallow inner continental shelf of the State of Paraná coast, southern Brazil. *Journal of Coastal Research. SI 39. Proceedings of the 8th International Coastal Symposium*. Itajaí-SC.
- WALKER, R. G. & PLINT, A. G., 1992. Wave- and storm-dominated shallow marine systems. In: Walker, R. G. & James N. P. (eds.), *Facies models response to sea level changes*. Geological Association of Canada. 219-238.
- WATSON, G. S., 1966. The statistics of orientation data. *Journal of Geology*, 74 (2): 786-797.
- WRIGHT, L. D., 1995. *Morphodynamics of inner continental shelves*. CRC Marine Science Series. Flórida - EUA. 241 p.

*ANEXO I*

*PERFIS BATIMÉTRICOS*

## ANEXO I - PERFIS BATIMÉTRICOS

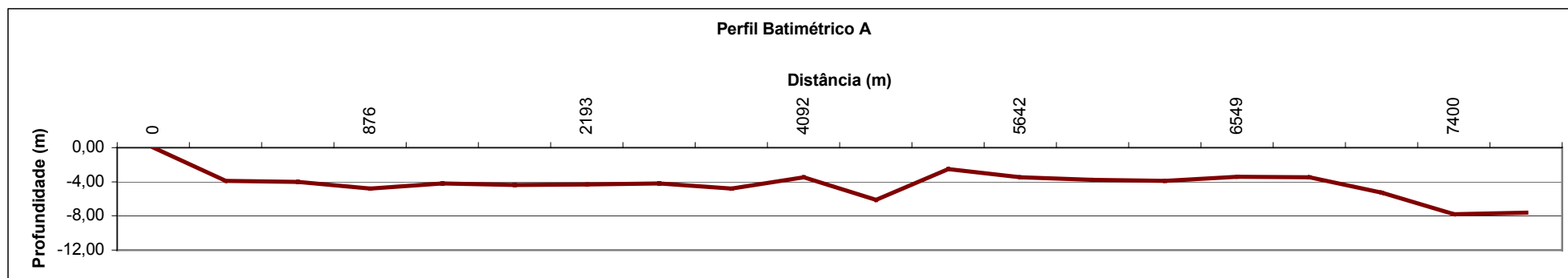


Figura 5.1.2.1 - Perfil Batimétrico A.

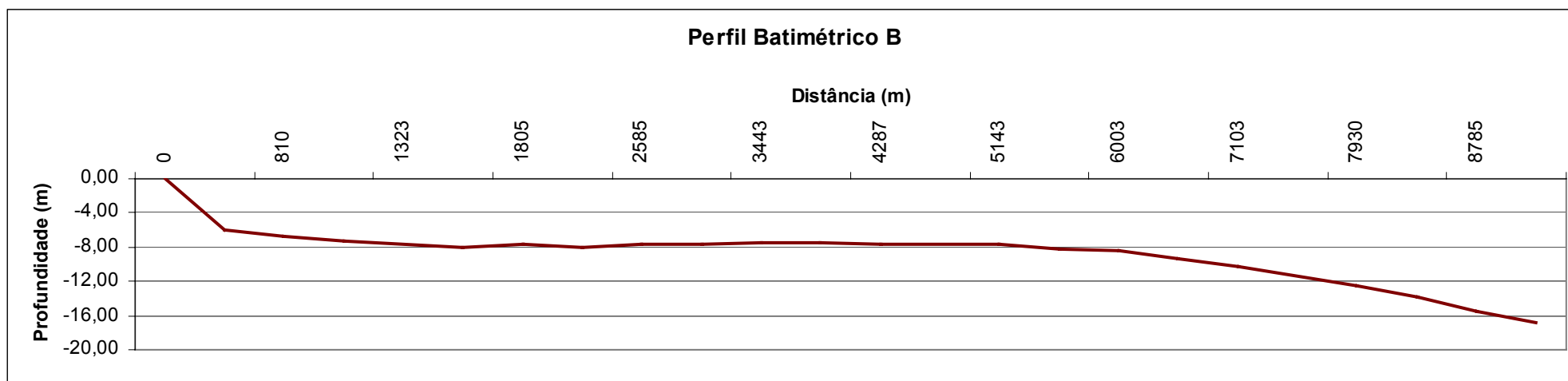


Figura 5.1.2.2 - Perfil Batimétrico B.

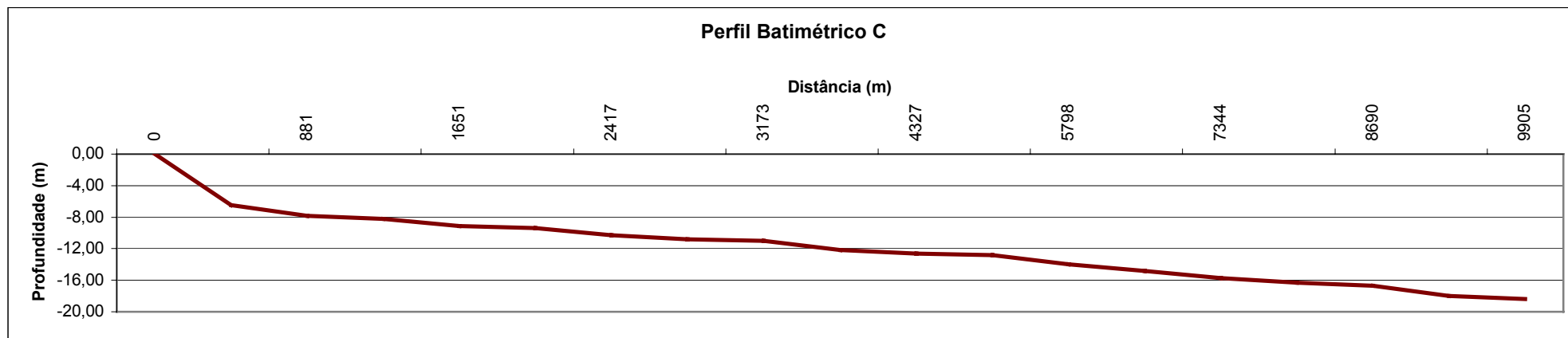


Figura 5.1.2.3 - Perfil Batimétrico C.

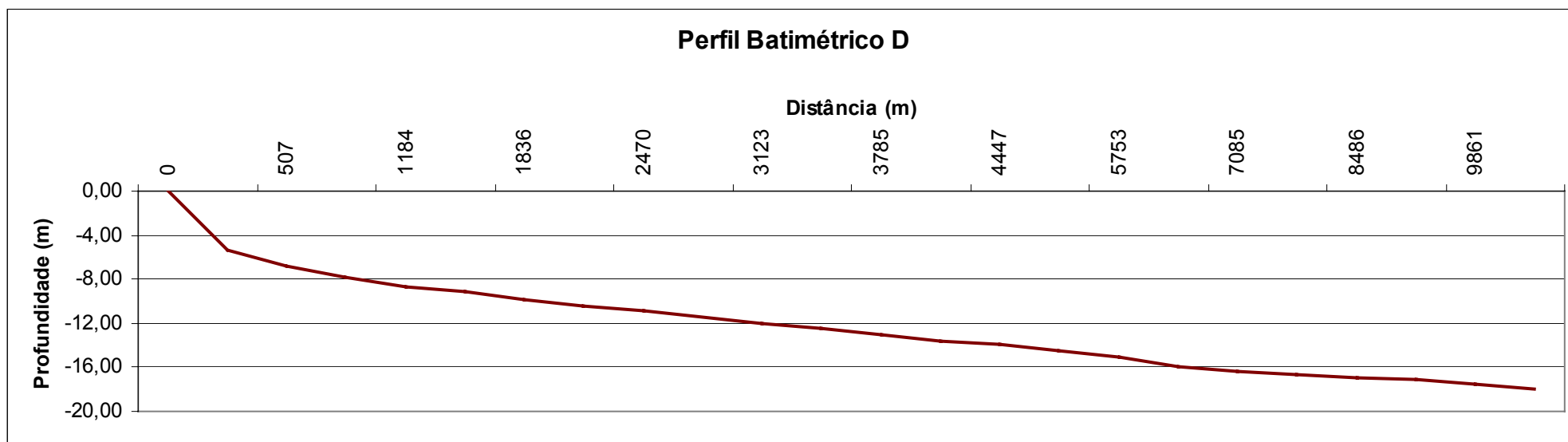


Figura 5.1.2.4 - Perfil Batimétrico D.

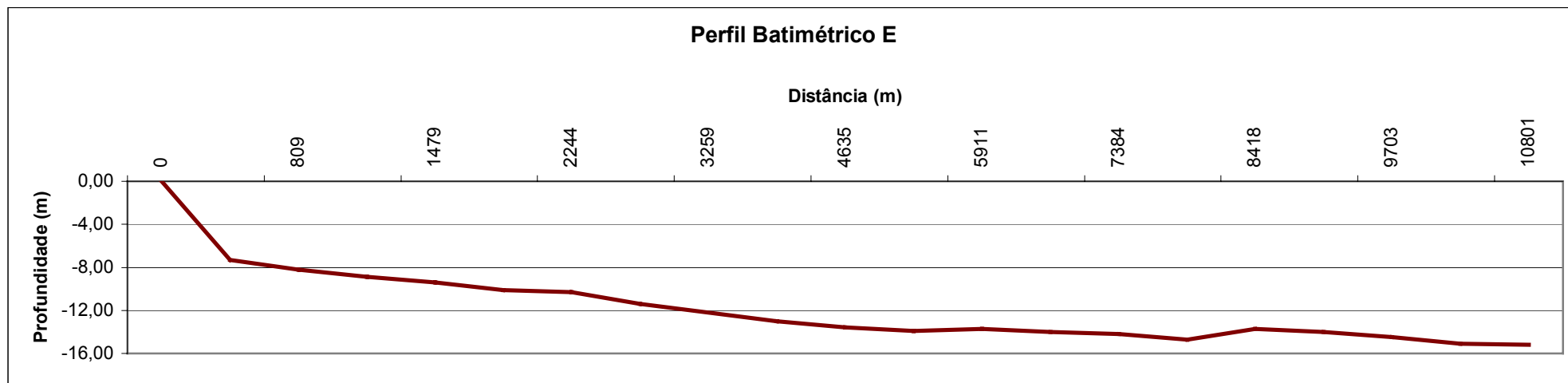


Figura 5.1.2.5 - Perfil Batimétrico E.

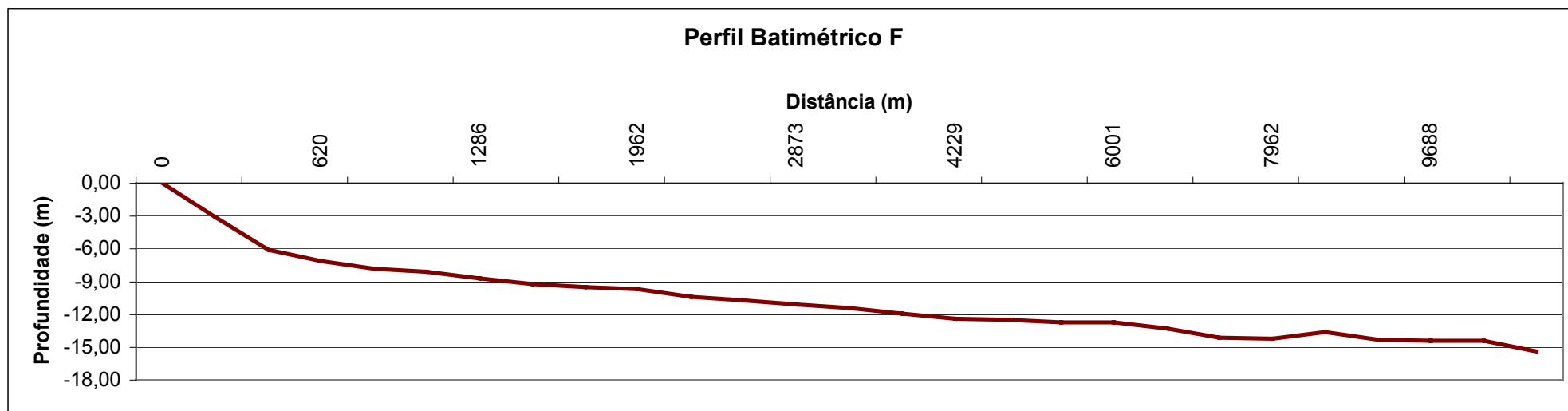


Figura 5.1.2.6 - Perfil Batimétrico F.

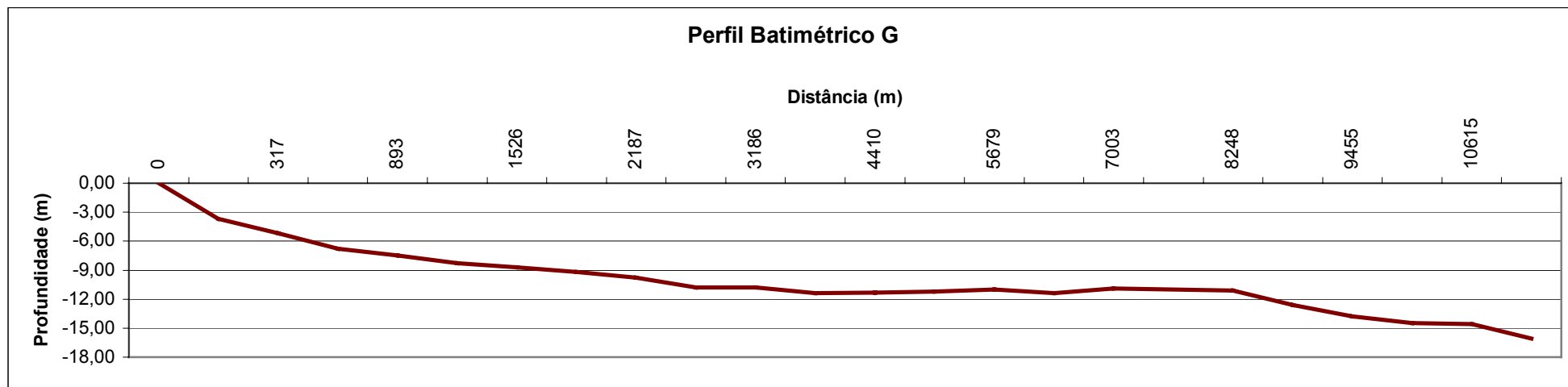


Figura 5.1.2.7 - Perfil Batimétrico G.

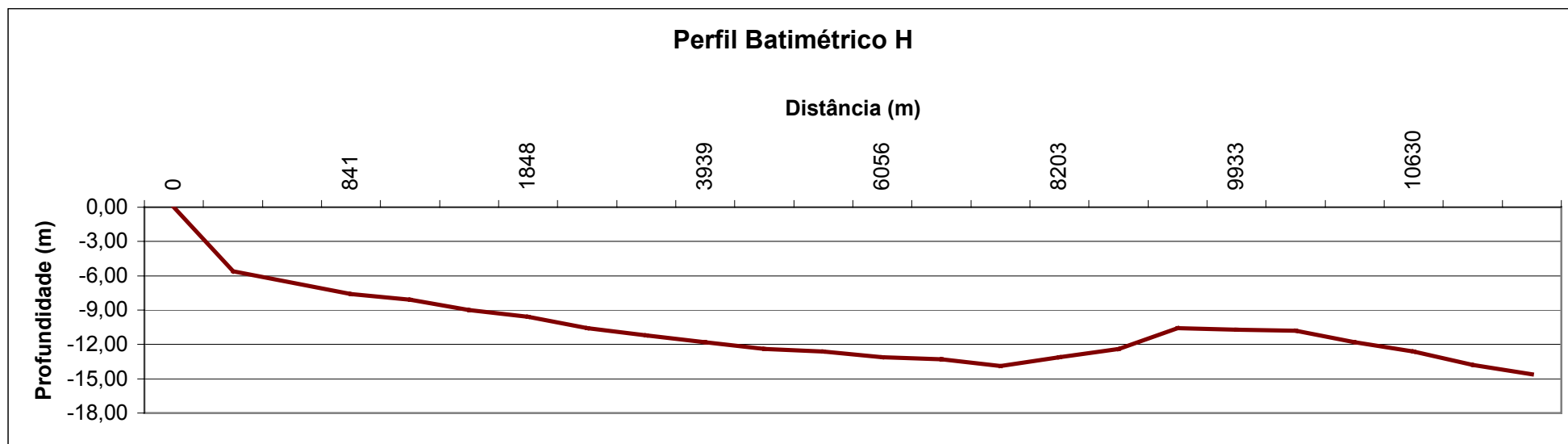


Figura 5.1.2.8 - Perfil Batimétrico H.

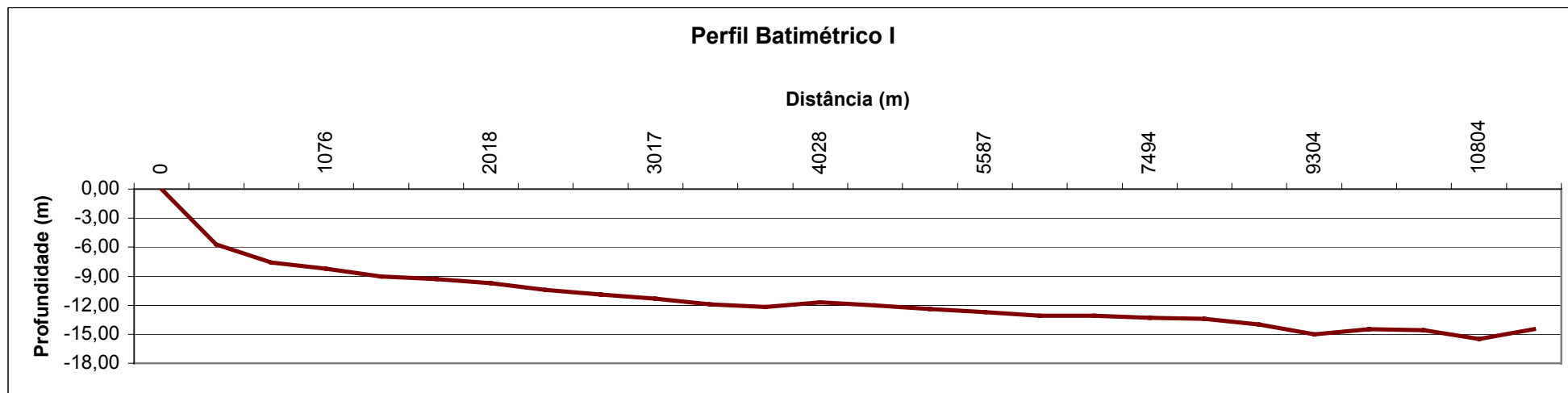


Figura 5.1.2.9 - Perfil Batimétrico I.

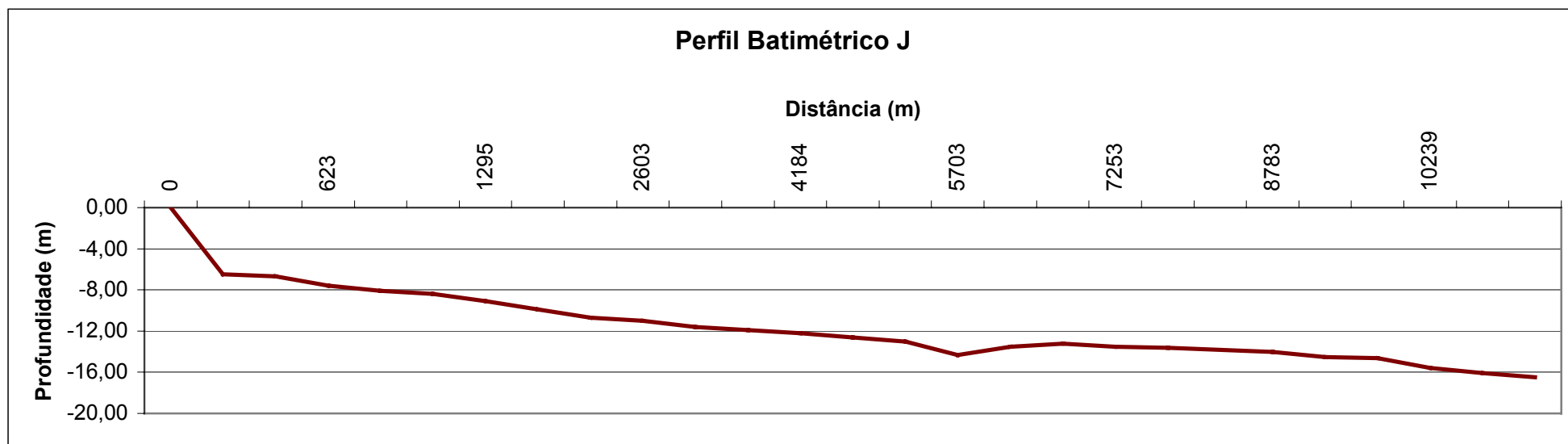


Figura 5.1.2.10 - Perfil Batimétrico J.



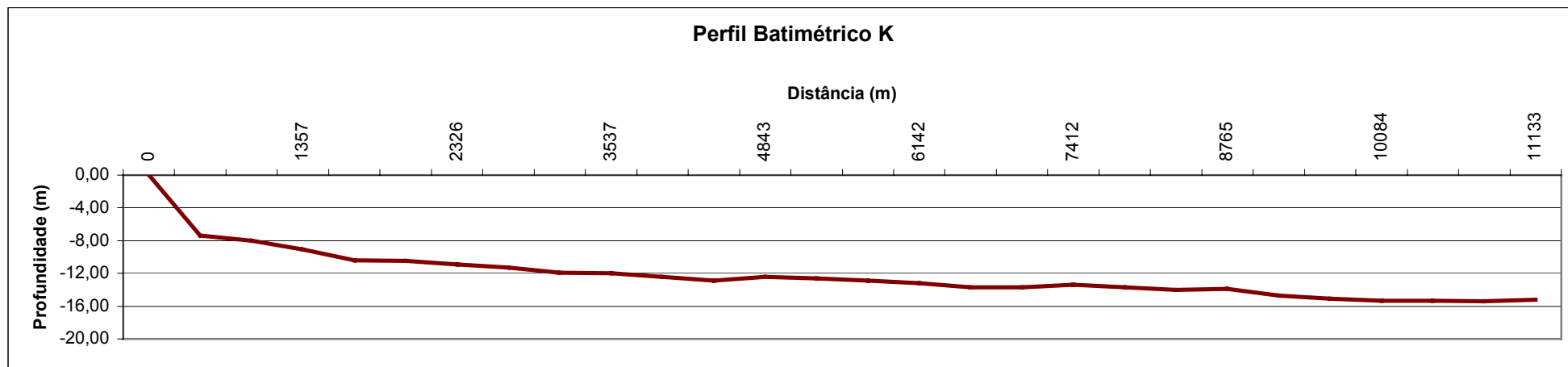


Figura 5.1.2.11 - Perfil Batimétrico K.

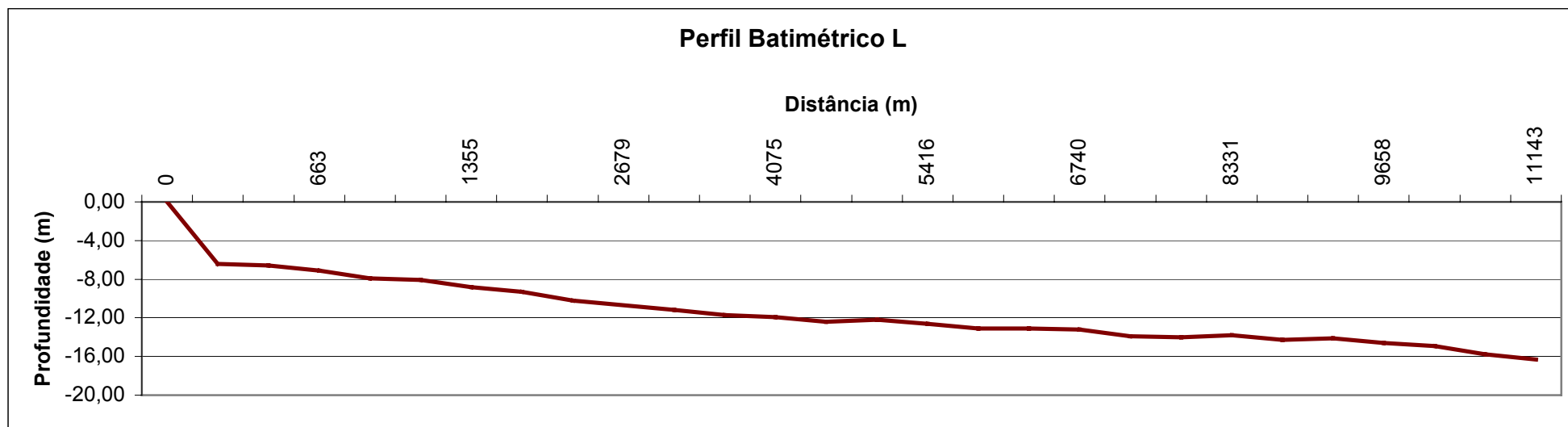


Figura 5.1.2.12 - Perfil Batimétrico L.

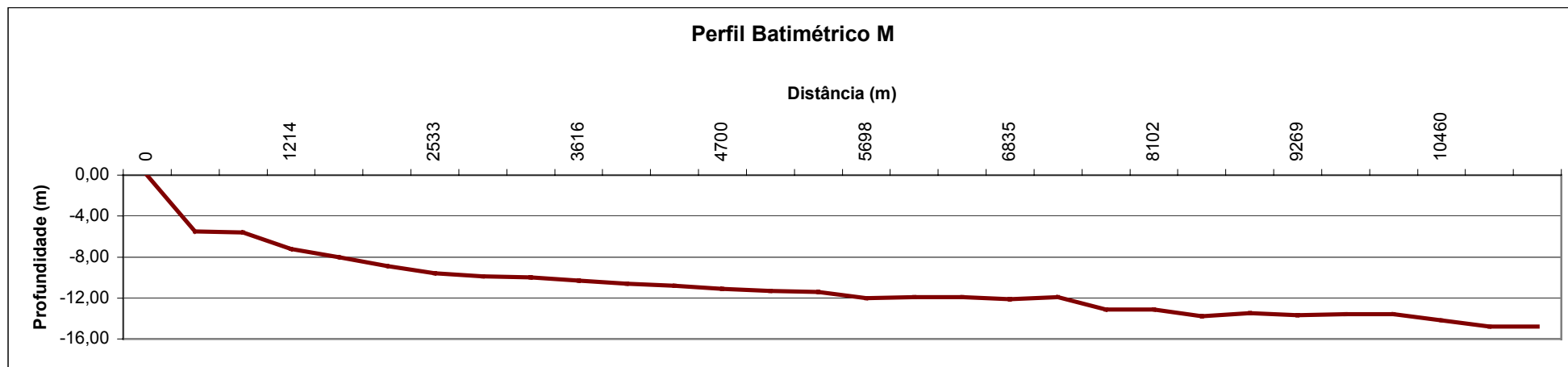


Figura 5.1.2.13 - Perfil Batimétrico M.

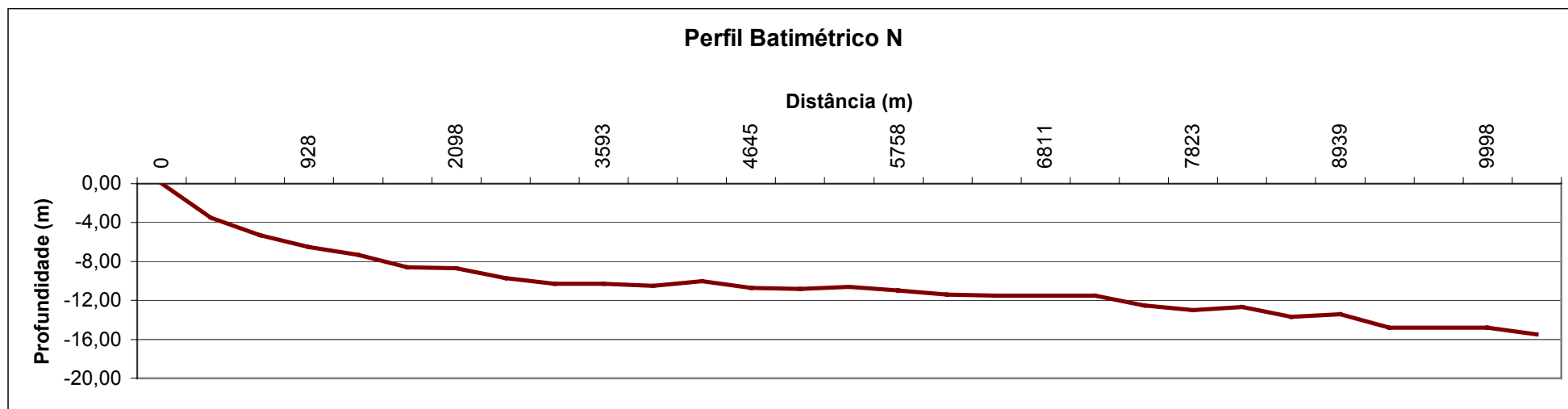


Figura 5.1.2.14 - Perfil Batimétrico N.

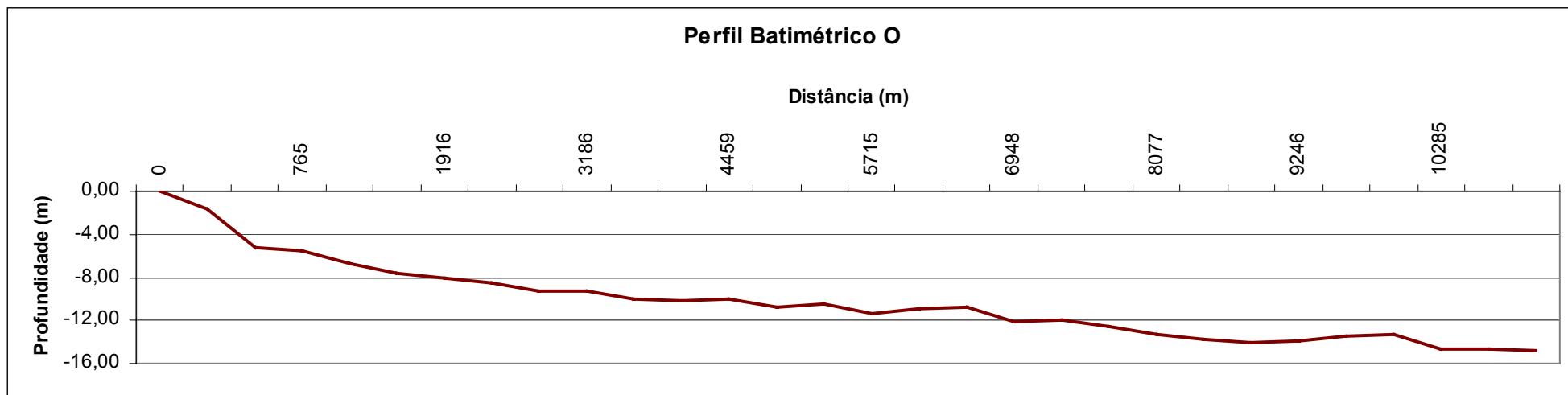


Figura 5.1.2.15 - Perfil Batimétrico O.

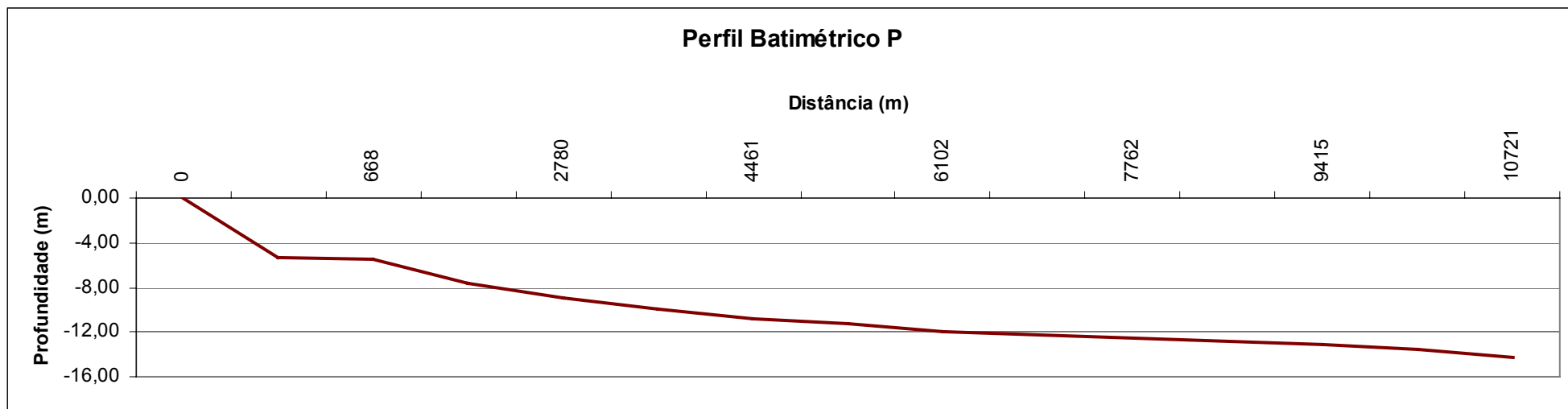


Figura 5.1.2.16 - Perfil Batimétrico P.

## *ANEXO II*

### *DESCRIÇÃO DE SONDAGENS*

## **ANEXO II - DESCRIÇÃO DE SONDAGENS**

Os testemunhos de sondagens realizados na plataforma interna paranaense estão descritos a seguir e, após a descrição, estão listadas as fichas de sondagens como apêndice 03.

Na sondagem PLATAFORMA/CA1, realizada no ponto de coordenadas UTM - 757547/7148854 - ZONA 22-J, ocorre, de 101 a 81 cm, areia fina cinza escura em lâminas alternadas lamosas e arenosas com laminação plano-paralela; após contato brusco de 81 a 23 cm ocorre areia fina cinza escura com bolsões de lama de forma irregular; após contato brusco com lente de conchas e grânulos ocorre de 23 a 0 cm areia média de coloração acinzentada com fragmentos de conchas e grânulos.

Na sondagem PLATAFORMA/CA2, realizada no ponto de coordenadas UTM - 757672/7149100 - ZONA 22-J, ocorre, de 100 a 52 cm, areia fina cinza escuro com bolsões de lama irregulares e intercalações de lâminas arenosas com lâminas ricas em silte com laminação plano-paralela; acima de contato brusco marcado por lente de conchas e grânulos, ocorre de 52 a 0 cm, areia média de coloração acinzentada com fragmentos de conchas e grânulos; a 30 cm de profundidade ocorre bolsão alongado preenchido por lama.

Na sondagem PLATAFORMA/CA3, realizada no ponto de coordenadas UTM - 757793/ 7149327 - ZONA 22-J, ocorre, de 101 a 74 cm, areia fina rica em silte com estrutura maciça; após contato brusco marcado por lente de conchas e grânulos ocorre, de 74 a 25 cm, areia fina cinza escura com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas com duas lentes de conchas a 57 e a 37 cm sugerindo dois eventos de retrabalhamento com deposição com gradação normal; acima de contato gradacional ocorre de 37 a 0 cm, areia fina cinza clara em gradação normal.

Na sondagem PLATAFORMA/CA4, realizada no ponto de coordenadas UTM - 757904/ 7149574 - ZONA 22-J, ocorre, de 52 a 0 cm, areia fina cinza com fragmentos de conchas e, a 30 cm ocorre bola de lama. Esta camada sedimentar apresenta lâminas mais ricas em material fino, alternadas com lâminas ricas em grânulos e fragmentos de conchas.

Na sondagem PLATAFORMA/CA5, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758025/ 7149806 - ZONA 22-J, ocorre, de 56 a 46 cm, areia muito fina cinza escura com preenchimento de bolsões de forma irregular por lama; acima

de contato brusco ocorre de 46 a 0 cm areia fina cinza clara com abundantes fragmentos de conchas e bolsões irregulares preenchidos por lama.

Na sondagem PLATAFORMA/CB1, realizada no ponto de coordenadas UTM - 757793/7148742 - ZONA 22-J, ocorre, de 85 a 58 cm areia fina cinza escura, com lâminas alternadas lamosas e arenosas, com laminação plano-paralela; acima de contato gradacional, ocorre de 58 a 20 cm, areia fina cinza escuro com bolsões de lama; após contato brusco ocorre, de 20 a 0 cm, areia média de coloração acinzentada com fragmentos de conchas e grânulos.

Na sondagem PLATAFORMA/CB2, realizada no ponto de coordenadas UTM - 757909/7148984 - ZONA 22-J, ocorre, de 92 a 66 cm, areia fina cinza escura com bolsões de lama irregulares; acima de contato brusco, de 66 a 0 cm, ocorre areia fina cinza clara com orifício alongado preenchido por material escuro com fragmentos de conchas e vegetais entre 20 e 10 cm e presença de lâminas ricas em material mais grosso sugerindo gradação normal.

Na sondagem PLATAFORMA/CB3, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758020/7149216 - ZONA 22-J, ocorre, de 92 a 34 cm, areia fina cinza com fragmentos de conchas; após contato gradacional, entre 34 e 0 cm, ocorre areia fina cinza escura com bolsões de lama e fragmentos de conchas.

Na sondagem PLATAFORMA/CB4, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758146/ 7149458 - ZONA 22-J, ocorre, de 85 a 62 cm, areia muito fina com intercalações ricas em silte com laminação plano-paralela; após contato gradacional, de 62 a 39 cm ocorre areia fina de coloração cinza escuro com bolsões de lama; acima de contato gradacional, de 39 a 0 cm ocorre areia fina cinza clara com indícios de gradação normal sugerindo três eventos de deposição/remobilização sucessivos e presença de fragmentos de conchas.

Na sondagem PLATAFORMA/CB5, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758267/ 7149694 - ZONA 22-J, ocorre, entre 110 e 37 cm, areia muito fina rica em silte e argila - formação de gretas de contração após a secagem do testemunho; após contato gradacional, de 37 a 25 cm ocorre areia fina com bolsões de lama irregulares; após novo contato gradacional, de 25 a 0 cm, ocorre areia fina cinza clara com fragmentos de conchas.

Na sondagem PLATAFORMA/CC1, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758035/ 7148622- ZONA 22-J, ocorre, de 95 a 71 cm, areia muito fina

rica em silte e argila com bolsões arenosos - formação de gretas de contração após a secagem do testemunho; sobre contato gradacional ocorre, entre 71 e 34 cm, areia muito fina cinza escura com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas; após contato gradacional sob lente de conchas, entre 34 e 0 cm, ocorre areia fina cinza clara com fragmentos de conchas e grânulos.

Na sondagem PLATAFORMA/CC2, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758151 / 7148863 - ZONA 22-J, ocorre, de 114 a 105 cm, areia fina rica em silte; após contato sob lente de conchas, entre 105 e 59 cm, areia fina cinza escura com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas; após contato brusco, de 59 a 44 cm ocorre areia média com fragmentos de conchas e indícios de gradação normal; acima após contato gradacional, entre 44 e 0 cm ocorre areia fina cinza clara.

Na sondagem PLATAFORMA/CC3, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758252 / 7149110 - ZONA 22-J, ocorre, de 105 a 90 cm, areia fina com intercalações ricas em silte e argila com laminação plano-paralela; após contato brusco ocorre, entre 90 e 30 cm, areia fina cinza escura com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas; após contato gradacional, ocorre de 30 a 0 cm, areia fina cinza clara com fragmentos de conchas.

Na sondagem PLATAFORMA/CC4, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758378 / 7149342 - ZONA 22-J, ocorre, entre 41 e 0 cm, areia fina cinza clara com fragmentos de conchas com estrutura maciça (figura 5.4.2.14).

Na sondagem PLATAFORMA/CC5, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758499/7149578 - ZONA 22-J, ocorre, entre 90 e 43 cm, areia muito fina cinza escuro com intercalações de lâminas ricas em silte; após contato gradacional ocorre, entre 43 e 29 cm, areia fina rica em silte; acima de contato brusco, entre 29 e 0 cm, ocorre areia fina de coloração cinza clara com fragmentos de conchas.

Na sondagem PLATAFORMA/CD1, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758257/7148520 - ZONA 22-J, ocorre, entre 120 e 76 cm, areia muito fina com bolsões de lama e fragmentos de concha; após contato brusco, entre 76 e 56 cm, ocorre areia média com grânulos e fragmentos de conchas; acima de contato gradacional, entre 56 e 46 cm, ocorre areia fina cinza escura com bolsões preenchidos por lama e por fragmentos de conchas; acima de contato



gradacional, entre 46 e 0 cm, ocorre areia fina de coloração acinzentada com fragmentos de conchas.

Na sondagem PLATAFORMA/CD2, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758373/7148762 - ZONA 22-J, ocorre, de 70 a 64 cm, areia muito fina cinza escuro com bolsões de lama e fragmentos de concha; sobre contato gradacional, entre 64 e 39 cm, ocorre areia fina cinza com bolsões preenchidos por lama e fragmentos de conchas; após contato gradacional, de 39 a 0 cm, ocorre areia fina de coloração acinzentada com fragmentos de conchas.

Na sondagem PLATAFORMA/CD3, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758503/7148994 - ZONA 22-J, ocorre, entre 103 e 59 cm, areia fina cinza escura com bolsões de lama irregulares; acima de contato brusco sob lente de conchas, ocorre entre 59 e 56 cm, lente de espessura centimétrica de areia média com grânulos e fragmentos de conchas em gradação normal; acima, entre 56 e 0 cm, ocorre areia fina cinza com fragmentos de conchas e bolsões irregulares preenchidos por lama.

Na sondagem PLATAFORMA/CD4, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758619/7149230 - ZONA 22-J, ocorre, entre 105 e 56 cm, areia muito fina cinza escura rica em silte e com bolsões mais arenosos que forneceu a matéria orgânica necessária para datação ao  $^{14}\text{C}$  resultando em  $40,600 \pm 2,250/-1,750$  (CENA-433) anos A.P.; sobre contato gradacional, ocorre entre 56 e 0 cm, areia muito fina cinza clara com fragmentos de conchas e bolsões preenchidos por lama.

Na sondagem PLATAFORMA/CD5, realizada no ponto de coordenadas UTM - 758740/7149472 - ZONA 22-J, ocorre, entre 102 e 62 cm, areia fina rósea com bolsões de lama amarelada e acinzentada; acima de contato gradacional sob lente de conchas, ocorre entre 62 e 0 cm, areia fina cinza clara com fragmentos de conchas e lentes de conchas e grânulos.

Na sondagem PLATAFORMA/D2M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 755907/ 7139610 - ZONA 22-J, ocorre, entre 42 e 17 cm, areia muito fina cinza escuro com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas; acima de contato brusco, ocorre de 17 a 0 cm, areia fina cinza com bolsões de areia média e fragmentos de conchas.

Na sondagem PLATAFORMA/D4M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756057/ 7140041 - ZONA 22-J, ocorre, entre 85 e 32 cm, areia fina

cinza escura com intercalações de lâminas arenosas e ricas em silte e argila formando laminação plano-paralela, com fragmentos de conchas e grânulos na forma de bolsões irregulares; acima de contato brusco sob lente de conchas e grânulos, ocorre, entre 32 e 10 cm, areia fina com fragmentos de conchas e evidências de gradação normal; sobre contato gradacional, ocorre entre 10 e 0 cm, areia média amarelada.

Na sondagem PLATAFORMA/D5M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756133/ 7140260 - ZONA 22-J, ocorre, entre 69 e 56 cm, areia fina acinzentada; após contato gradacional, entre 56 e 44 cm, ocorre areia média amarelada com grânulos e fragmentos de conchas; acima de contato brusco, ocorre, entre 44 e 0 cm, areia fina cinza com bolsões de areia média amarelada com fragmentos de conchas e grânulos. Observa-se a presença de tubo preenchido com fragmentos vegetais e de conchas, de coloração escura, cortando mais de uma sequência deposicional.

Na sondagem PLATAFORMA/D6M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756202/ 7140486 - ZONA 22-J, ocorre, entre 32 e 0 cm, areia fina amarelada com fragmentos de conchas e grânulos.

Na sondagem PLATAFORMA/E1M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756053/ 7139395 - ZONA 22-J, ocorre, entre 107 e 85 cm, areia grossa com bolsões de lama e fragmentos de conchas e de vegetais; entre 85 e 82 cm, ocorrem lentes de lama e areia em laminação plano-paralela; acima de contato brusco, entre 82 e 39 cm, ocorre areia fina cinza escura com grânulos e fragmentos de conchas, bolsões de areia média amarelada e intercalações de lâminas ricas em finos; após, entre 39 e 24 cm, ocorre areia fina cinza clara; após novo contato brusco, entre 24 e 0 cm, ocorre areia grossa amarelada com fragmentos de conchas e grânulos passando a cinza na base da camada.

Na sondagem PLATAFORMA/E2M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756126/ 7139610 - ZONA 22-J, ocorre, entre 100 e 50 cm, areia fina de coloração cinza escura com fragmentos de conchas e bolsões com lama; entre 50 e 45 cm, ocorre lente de areia fina com grande concentração de fragmentos de conchas; acima, de 45 a 0 cm, novamente ocorre uma camada de areia fina de coloração cinza escura com fragmentos de conchas e bolsões com lama.

Na sondagem PLATAFORMA/E3M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756202/ 7139831 - ZONA 22-J, ocorre, entre 57 e 27 cm, areia fina

cinza escura com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas e pedaços de madeira na base que forneceram matéria orgânica para datação que forneceu idades  $^{14}\text{C}$  de 46.700±5.800/-3.350 anos A.P. (CENA-434); acima de contato brusco ocorre de 27 a 0 cm, areia grossa amarelada com fragmentos de conchas e grânulos passando a cinza na base da camada.

Na sondagem PLATAFORMA/E4M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756275/ 7140046 - ZONA 22-J, ocorre, entre 59 e 37 cm, areia fina cinza com bolsões de areia média irregulares e lentes de conchas; após contato brusco sob lente de conchas, entre 37 e 0 cm, ocorre areia média amarelada com fragmentos de conchas e grânulos em maior concentração na base indicando gradação normal.

Na sondagem PLATAFORMA/E5M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756351/7140264 - ZONA 22-J, ocorre, entre 105 e 66 cm, areia muito fina, cinza escura, com lâminas alternadas lamosas e arenosas em laminação plano-paralela; acima de contato brusco, entre 66 e 39 cm, ocorre areia fina cinza com bolsões de lama e lente de conchas e fragmentos vegetais a 60 cm de profundidade; acima de novo contato brusco, entre 39 e 0 cm, ocorre areia média de coloração amarelada com fragmentos de conchas e grânulos com evidências de gradação normal.

Na sondagem PLATAFORMA/E6M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756424/7140486 - ZONA 22-J, ocorre, entre 95 e 73 cm, areia fina cinza escura com bolsões de lama e fragmentos de conchas; acima de contato brusco, entre 73 e 0 cm, ocorre areia fina a média de coloração amarelada com fragmentos de conchas e grânulos com evidências de gradação normal.

Na sondagem PLATAFORMA/F1M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756275/7139391 - ZONA 22-J, ocorre, entre 75 e 52 cm, areia muito fina cinza escura com bolsões de material mais grosso e fragmentos de conchas; após contato brusco, entre 52 e 27 cm, ocorre areia média cinza com muitos fragmentos de conchas e evidências de gradação normal; acima de contato brusco sob lente de conchas, entre 27 e 0 cm, ocorre areia fina cinza com fragmentos de conchas e grânulos e bolsões irregulares preenchidos por lama.

Na sondagem PLATAFORMA/F2M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756337/7139605 - ZONA 22-J, ocorre, entre 78 e 32 cm, areia fina

cinza escura com intercalações de lâminas ricas em finos e bolsões irregulares preenchidos lama com laminação plano-paralela; acima de contato brusco sob lente de conchas, entre 32 e 0 cm, ocorre areia fina cinza com fragmentos de conchas e grânulos e bolsões irregulares preenchidos por lama.

Na sondagem PLATAFORMA/F3M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756420/7139827 - ZONA 22-J, ocorre, entre 78 e 52 cm, areia fina cinza escura com intercalações de lâminas ricas em finos e bolsões irregulares preenchidos lama e presença de fragmentos de conchas; após contato brusco sob lente de conchas, entre 52 e 0 cm, ocorre areia fina cinza com fragmentos de conchas com lâminas de areia média a grossa com grânulos e fragmentos de conchas com graduação normal aos 40 e 20 cm de profundidade.

Na sondagem PLATAFORMA/F4M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756490/7140049 - ZONA 22-J, ocorre, entre 90 e 62 cm, ocorre areia fina cinza escura com intercalações de lâminas ricas em finos em laminação plano-paralela e bolsões irregulares preenchidos por lama e presença de fragmentos de conchas; acima de contato brusco, entre 62 e 39 cm, ocorre areia média a grossa com grânulos e fragmentos de conchas com graduação normal, gradando para areia fina cinza com fragmentos de conchas de 39 a 0 cm de profundidade.

Na sondagem PLATAFORMA/F5M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756569/ 7140260 - ZONA 22-J, ocorre, entre 90 e 81 cm, lente de conchas e grânulos em meio a areia fina com lama; entre 81 e 37 cm, ocorre areia fina cinza escura com bolsões irregulares preenchidos lama e por areia média e presença de fragmentos de conchas; acima de contato gradacional, entre 37 e 0 cm, ocorre areia média a grossa com grânulos e fragmentos de conchas cinza na base e amarelada no topo da camada.

Na sondagem PLATAFORMA/F6M, realizada no ponto de coordenadas UTM - 756638/ 7140478 - ZONA 22-J, ocorre, entre 81 e 59 cm, areia fina cinza escura com bolsões irregulares preenchidos por lama e presença de fragmentos de conchas; após contato gradacional, entre 59 e 0 cm, ocorre areia média a grossa com grânulos e fragmentos de conchas, cinza na base e amarelada no topo da camada.


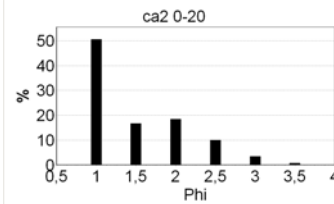
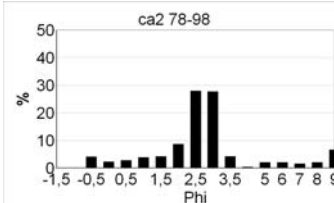






*ANEXO III*

*FICHAS DE SONDAGENS*



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CA2


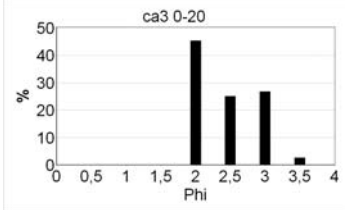
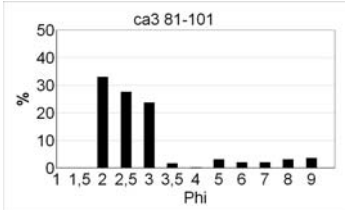
COORDENADAS: 757672/7149100 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				CA2 0-20		areia média de cor acinzentada com fragmentos de conchas e grânulos
40						a 30 cm de profundidade ocorre bolsão de lama alongado
60						contato brusco com lente de conchas e grânulos
80				CA2 78-98		areia fina cinza escuro com bolsões de lama irregulares e intercalações de lâminas ricos em silte
100						
<div>  areia média            areia fina            areia fina c/ lentes de lama            fragmentos de conchas         </div>						
Estruturas: ● bolas de lama  lente de conchas ≡ laminação plano-paralela					Contatos:  contato brusco com lente de conchas	



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CA3

COORDENADAS: 757793/ 7149327 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				CA3 0-20		areia fina cinza clara com gradação normal
40						contato gradacional
60						areia fina cinza escuro com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas
80				CA3 81-101		contato brusco sobre lente de conchas
100						areia fina rica em silte

LEGENDA: Litologia:



areia fina



areia fina rica em silte



fragmentos de conchas

Estruturas: ● bolas de lama


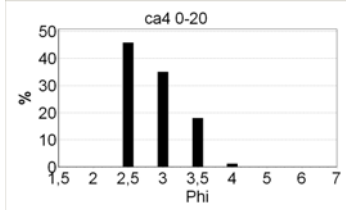




👉 lente de conchas

Contatos: 👉 contato brusco com lente de conchas

⊥ contato gradacional


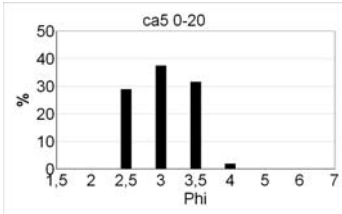
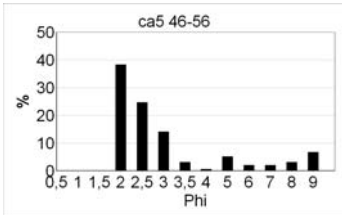



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CA4

COORDENADAS: 757904/ 7149574 UTM ZONA 22 J


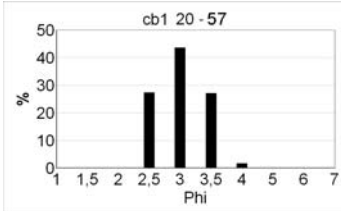
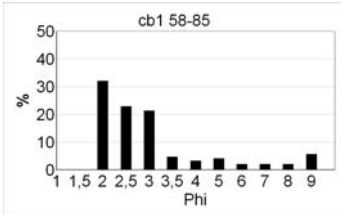
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				CA4 0-20		areia fina cinza clara com bola de lama a 30 cm de profundidade e fragmentos de conchas
40						
60						
80						
100						
<div><div> areia média</div><div> areia fina</div><div> fragmentos de conchas</div><div> bolas de lama</div></div>						
Estruturas: ● bolas de lama					Contatos:	

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CA5

COORDENADAS: 758025/ 7149806 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20		●		CA5 0-20	 <p>ca5 0-20</p>	areia fina cinza clara com fragmentos de conchas
40		●		CA5 46-56	 <p>ca5 46-56</p>	contato brusco areia muito fina cinza escura
60		┴				
80						
100						
<div>    </div> <p><b>LEGENDA:</b> Litologia: areia fina areia muito fina fragmentos de conchas</p>						
<p>Estruturas: ● bolas de lama</p>					<p>Contatos: ┴ contato brusco</p>	



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CB1					COORDENADAS: 757793/7148742 UTM ZONA 22 J	
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20		┐		CB1 20-57	 <p>areia média de cor acinzentada com fragmentos de conchas e grânulos</p>	contato brusco
40		●				areia fina cinza escuro com bolsões de lama
60		┘  ≡		CB1 58-85	 <p>contato gradacional</p>	areia fina cinza escura com lâminas alternados lamosos e arenosos com laminação plano-paralela
80						
100						

**LEGENDA:** Litologia:    areia média    areia fina    areia fina c/ lentes de lama    fragmentos de conchas


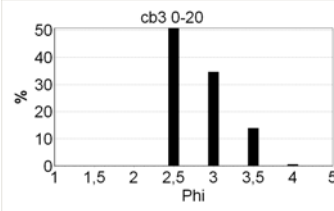
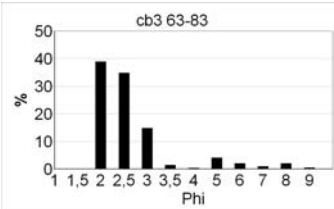
Estruturas: ● bolas de lama    Contatos: ┐ contato brusco

≡ laminação plano-paralela    ┘ contato gradacional



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CB3

COORDENADAS: 758020/7149216 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				CB3 0-20	 <p>areia fina cinza com fragmentos de conchas abundantes</p>	
40		┐				contato gradacional
60						
80		●		CB3 63-83	 <p>areia fina cinza escuro com bolsões de lama e fragmentos de conchas</p>	
100						

LEGENDA: Litologia



areia fina




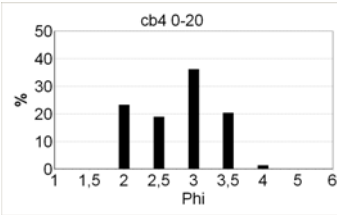
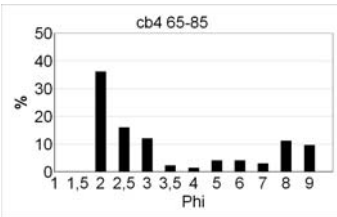



fragmentos de conchas

Estruturas: ● bolas de lama

Contatos: ┐ contato gradacional

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CB4

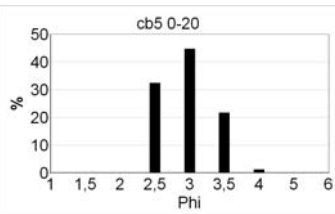
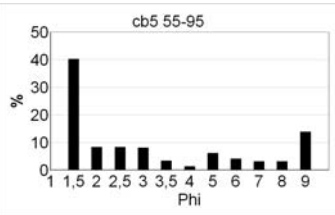
COORDENADAS: 758146/ 7149458 UTM ZONA 22 J


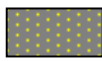
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				CB4 0-20		areia fina cinza clara com indícios de gradação normal constituindo três eventos de deposição/remobilização sucessivos e presença de fragmentos de conchas
40		┐				contato gradacional
60		●				areia fina de cor cinza escuro com bolsões de lama
80		┐		CB4 65-85		contato gradacional
100		≡				areia muito fina com intercalações ricas em silte
<div><div> areia fina</div><div> areia mto fina c/ lentes de lama</div><div> fragmentos de conchas</div></div>						
Estruturas: ● bolas de lama ≡ laminação plano-paralela					Contatos: ┐ contato gradacional	



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CB5

COORDENADAS: 758267/ 7149694 UTM ZONA 22 J


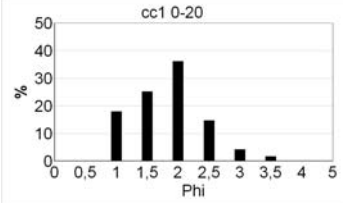



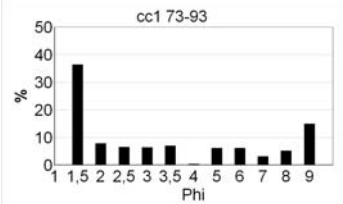





SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				CB5 0-20		areia fina cinza clara com fragmentos de conchas
40						contato gradacional
60				CB5 55-95		areia fina com bolsões de lama irregulares
80						contato gradacional
100						

<b>LEGENDA:</b> Litologia:	 areia fina	 areia mto fina c/ lentes de lama	 fragmentos de conchas
----------------------------	--	--	---


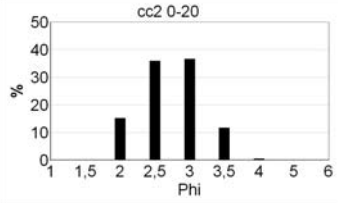

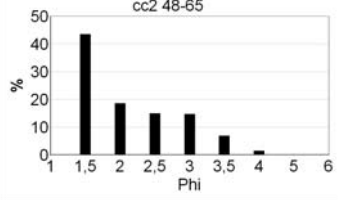





Estruturas: ● bolas de lama	Contatos: ┐ contato gradacional
-----------------------------	---------------------------------

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CC1





COORDENADAS: 758035/ 7148622 UTM ZONA 22 J


SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				CC1 0-20		areia fina cinza clara
40						contato gradacional sob lente de conchas
60						areia muito fina cinza escuro com bolsões de lama irregulares
80				C1 73-93		contato gradacional
100						areia muito fina rica em silte e argila e bolsões arenosos - formação de gretas de contração após a secagem do testemunho
<p><b>LEGENDA:</b> Litologia:</p> <p> areia fina</p> <p> areia mto fina c/ lentes de lama</p> <p> fragmentos de conchas</p>						
<p>Estruturas: ● bolas de lama</p> <p> lente de conchas</p>					<p>Contatos:  contato gradacional com lente de conchas</p>	



**LABORATÓRIO DE ESTUDOS COSTEIROS - LECOST**

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CC2					COORDENADAS: 758151 / 7148863 UTM ZONA 22 J	
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
0-20	A M G A A M A A M S A			CC2 0-20		areia fina cinza clara
20-48				CC2 48-65		contato gradacional
48-65						areia média com fragmentos de conchas e depos. gradacional
65-100						contato brusco
100-110						areia fina cinza escuro com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas
110-120						contato sob lente de conchas
120-130						areia fina rica em silte

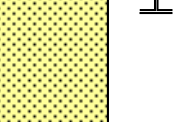

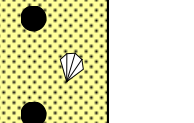
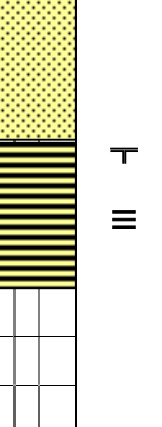
**LEGENDA:** Litologia:

 areia média
 areia fina
 areia fina rica em silte
 fragmentos de conchas

Estruturas: ● bolas de lama  
 lente de conchas

Contatos:  contato gradacional com lente de conchas  
 contato brusco

**LABORATÓRIO DE ESTUDOS COSTEIROS - LECOST**

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CC3					COORDENADAS: 758252 / 7149110 UTM ZONA 22 J	
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS A A A A A M G G M F F S A	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
0-20				CC3 0-20	 <p>areia fina cinza clara com fragmentos de conchas</p>	
20-83		⊥				contato gradacional
83-105		●		CC3 83-105	 <p>areia fina cinza escuro com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas</p>	
105-110		≡				contato brusco
110-115						areia fina com intercalações ricas em silte e argila

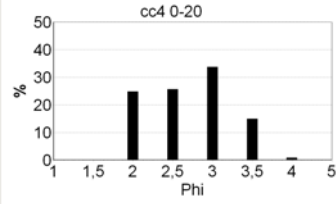


**LEGENDA:** Litologia: 
  areia média
  areia fina
  areia fina c/ lentes de lama
  fragmentos de conchas

**Estruturas:** ● bolas de lama  
 ≡ laminação plano-paralela

**Contatos:** ⊥ contato gradacional  
 ≢ contato brusco

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CC4

COORDENADAS: 758378 / 7149342 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES														
	A M G A A M A M F F S A																			
20				CC4 0-20	<div>cc4 0-20</div>  <table><thead><tr><th>Phi</th><th>%</th></tr></thead><tbody><tr><td>2</td><td>25</td></tr><tr><td>2,5</td><td>25</td></tr><tr><td>3</td><td>35</td></tr><tr><td>3,5</td><td>15</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>5</td><td>0</td></tr></tbody></table>	Phi	%	2	25	2,5	25	3	35	3,5	15	4	5	5	0	areia fina cinza clara com fragmentos de conchas
Phi	%																			
2	25																			
2,5	25																			
3	35																			
3,5	15																			
4	5																			
5	0																			
40																				
60																				
80																				
100																				
<div>LEGENDA: Litologia:</div> <div><div> areia fina</div><div> fragmentos de conchas</div></div>																				
Estruturas:					Contatos:															

LEGENDA: Litologia:



areia fina



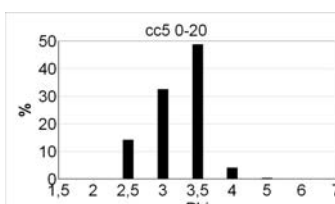
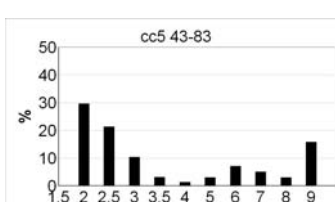
fragmentos de conchas

Estruturas:

Contatos:

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CC5

COORDENADAS: 758499/7149578 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				CC5 0-20		areia fina de cinza clara com fragmentos de conchas
40		—				contato brusco
		—				areia fina rica em silte
		—				contato gradacional
60				CC5 43-83		areia muito fina cinza escuro com intercalações de lâminas ricos em silte
80						
100						

LEGENDA:

Litologia:



areia fina



areia fina c/ lama



areia mto fina c/ lentes de lama



fragmentos de conchas

Estruturas:



laminação plano-paralela

Contatos: — contato brusco

— contato gradacional



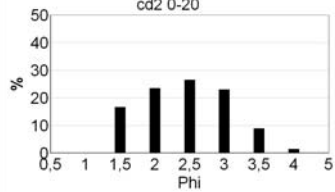
**LABORATÓRIO DE ESTUDOS COSTEIROS - LECOST**

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CD1				COORDENADAS: 758257/7148520 UTM ZONA 22 J																					
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES																			
	A M G A A G A A M F F S A																								
20				CD1 0-20	<table border="1"><caption>cd1 0-20</caption><thead><tr><th>Phi</th><th>%</th></tr></thead><tbody><tr><td>2.0</td><td>10</td></tr><tr><td>2.5</td><td>20</td></tr><tr><td>3.0</td><td>45</td></tr><tr><td>3.5</td><td>20</td></tr><tr><td>4.0</td><td>2</td></tr></tbody></table>	Phi	%	2.0	10	2.5	20	3.0	45	3.5	20	4.0	2	areia fina de cor acinzentada com fragmentos de conchas							
Phi	%																								
2.0	10																								
2.5	20																								
3.0	45																								
3.5	20																								
4.0	2																								
40			CD1 58-78	<table border="1"><caption>cd1 58-78</caption><thead><tr><th>Phi</th><th>%</th></tr></thead><tbody><tr><td>0.5</td><td>35</td></tr><tr><td>1.0</td><td>15</td></tr><tr><td>1.5</td><td>10</td></tr><tr><td>2.0</td><td>10</td></tr><tr><td>2.5</td><td>15</td></tr><tr><td>3.0</td><td>15</td></tr><tr><td>3.5</td><td>5</td></tr></tbody></table>	Phi	%	0.5	35	1.0	15	1.5	10	2.0	10	2.5	15	3.0	15	3.5	5	areia fina cinza escuro com bolsões preenchidos por lama e por fragmentos de conchas				
Phi	%																								
0.5	35																								
1.0	15																								
1.5	10																								
2.0	10																								
2.5	15																								
3.0	15																								
3.5	5																								
60			CD1 100-120	<table border="1"><caption>cd1 100-120</caption><thead><tr><th>Phi</th><th>%</th></tr></thead><tbody><tr><td>1.5</td><td>12</td></tr><tr><td>2.0</td><td>12</td></tr><tr><td>2.5</td><td>30</td></tr><tr><td>3.0</td><td>25</td></tr><tr><td>3.5</td><td>2</td></tr><tr><td>4.0</td><td>2</td></tr><tr><td>5.0</td><td>2</td></tr><tr><td>8.0</td><td>8</td></tr><tr><td>9.0</td><td>5</td></tr></tbody></table>	Phi	%	1.5	12	2.0	12	2.5	30	3.0	25	3.5	2	4.0	2	5.0	2	8.0	8	9.0	5	areia média com grânulos e fragmentos de conchas
Phi	%																								
1.5	12																								
2.0	12																								
2.5	30																								
3.0	25																								
3.5	2																								
4.0	2																								
5.0	2																								
8.0	8																								
9.0	5																								
80						contato brusco																			
100						areia muito fina com bolsões de lama e fragmentos de concha																			
<b>LEGENDA:</b>																									
<div><div><p>areia média</p></div><div><p>areia fina</p></div><div><p>areia mto fina c/ lama</p></div><div><p>fragmentos de conchas</p></div><div><p>Estruturas:</p><div><p>bolas de lama</p></div><div><p>Contatos:</p><div><p>contato brusco</p></div><div><p>contato gradacional</p></div></div></div></div>																									



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CD2

COORDENADAS: 758373/7148762 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M G A A M A M F S A					
20				CD1 0-20		areia fina de cor cinza clara com fragmentos de conchas
40						contato gradacional
60						areia fina cinza com bolsões preenchidos por lama e fragmentos de conchas
80						contato gradacional
100						areia muito fina cinza escuro com bolsões de lama e fragmentos de concha

LEGENDA:

Litologia:  areia média  areia fina  areia muito fina c/ lentes de lama

 fragmentos de conchas

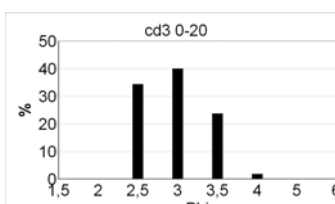
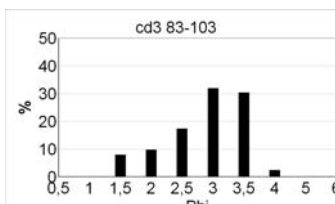
Estruturas: ● bolas de lama

Contatos: T contato busco

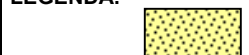
 contato gradacional sobre lente de conchas

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CD3

COORDENADAS: 758503/7148994 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A A G G M F F S A					
20				CD3 0-20		areia fina cinza com fragmentos de conchas e bolsões irregulares preenchidos por lama
40						
60						
80				CD3 83-103		areia fina cinza escura com bolsões de lama irregulares
100						

LEGENDA:



Litologia: areia média



areia fina



areia fina c/ lama



fragmentos de conchas

Estruturas: ● bolas de lama


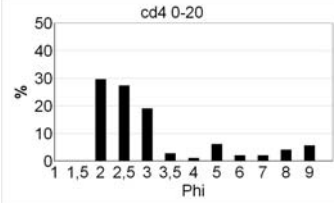
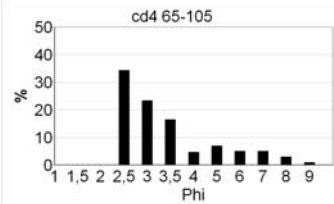
Contatos:






contato gradacional sobre lente de conchas

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CD4

COORDENADAS: 758619/7149230 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A A G G M F F S A					
20				CD4 0-20		areia muito fina cinza clara com fragmentos de conchas e bolsões preenchidos por lama
40						
60						contato gradacional
80				CD4 65-105		areia muito fina cinza escura rica em silte e com bolsões arenosos
100						

LEGENDA:

Litologia: areia média  areia fina  areia muito fina c/ lama  fragmentos de conchas

Estruturas: ● bolas de lama

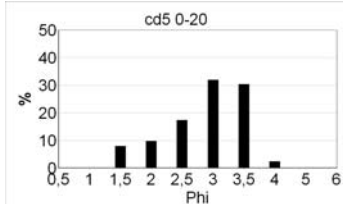
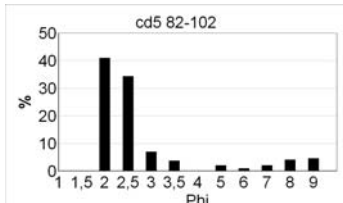
Contatos:

 contato gradacional




**DATADO: <sup>14</sup>C**  
40,600 ± 2,250/-  
1,750 (CENA-433)


PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: CD5

COORDENADAS: 758740/7149472 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A A G G M F F S A					
20				CD5 0-20		areia fina cinza clara com fragmentos de conchas
40						lente de conchas e grânulos
60						lente de conchas e grânulos
80				CD5 82-102		areia fina rósea com bolsões de lama amarelada e acinzentada
100						

LEGENDA:

Litologia: areia média  areia fina  areia fina rósea c/ lama  fragmentos de conchas

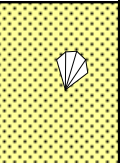



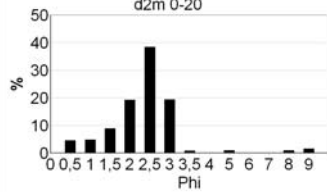



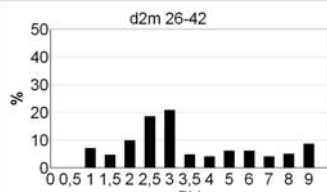
Estruturas: ● bolas de lama  ível de conchas

Contatos:

  contato gradacional c/ lente de conchas

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: D2M

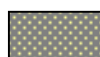
COORDENADAS: 755907/ 7139610 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	<div> <div>A</div> <div>M</div> <div>G</div> <div>A</div> <div>A</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>F</div> <div>F</div> <div>S</div> <div>A</div> </div>					
20	 			D2M 0-20		areia fina cinza com bolsões de areia média e fragmentos de conchas
40	 			D2M 26-42		contato brusco  areia muito fina cinza escuro com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas
60						
80						
100						

LEGENDA: Litologia:



areia fina



areia mto fina  
rica em silte




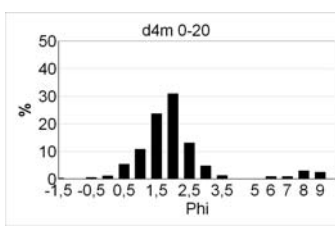
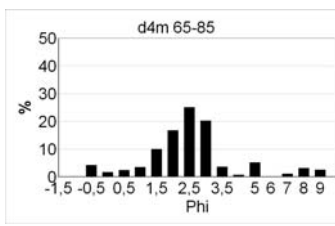
fragmentos  
de conchas

Estruturas: ● bolas de la


Contatos: T contato brusco


PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: D4M


COORDENADAS: 756057/ 7140041 UTM ZONA 22 J


SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20		┐		D4M 10-20		areia média amarelada contato gradacional
40		┐				areia fina com fragmentos de conchas, com gradação normal indicada por lente de conchas e grânulos na base
60		≡		D4M 66-85		contato brusco
80						areia fina cinza escura com intercalações de lâminas arenosas e lâminas ricos em silte e argila, fragmentos de conchas e grânulos na forma de bolsões irregulares
100						

**LEGENDA: Litologia:**


 areia média

 areia fina

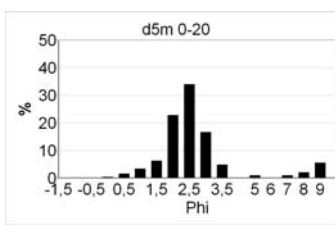
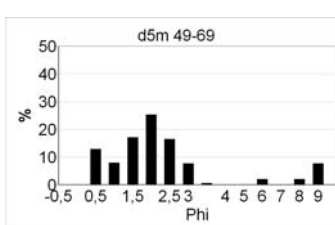



 areia fina c/ lentes de lama

 fragmentos de conchas


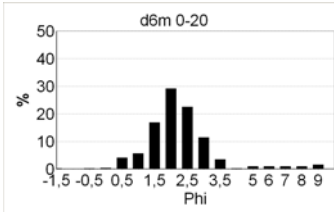
**Estruturas:** ≡ laminação plano-paralela


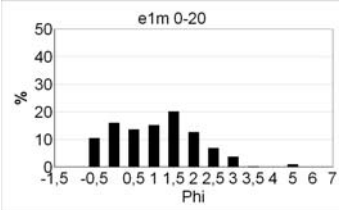
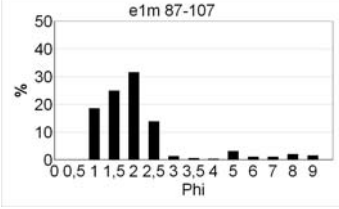




 lente de conchas


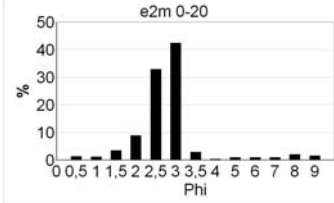
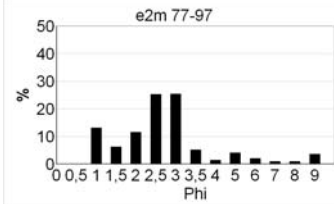


**Contatos:** ┐ contato brusco/ ┐ contato gradacional

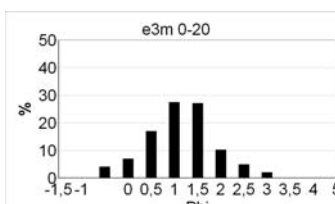
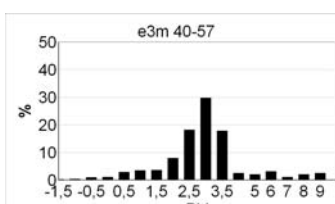



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: D5M					COORDENADAS: 756133/ 7140260 UTM ZONA 22 J	
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M G A A M F F S A					
20				D5M 0-20		areia fina cinza com bolsões de areia média amarelada com fragmentos de conchas e grânulos
40						
60				D5M 49-69		contato brusco areia média amarelada com grânulos e fragmentos de conchas contato gradacional areia fina acinzentada
80						
100						
<div>  <p><b>LEGENDA:</b> Litologia:      areia média      areia fina      fragmentos de conchas</p> </div>						
Estruturas:					Contatos:  contato brusco  contato gradacional	



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: D6M					COORDENADAS: 756202/ 7140486 UTM ZONA 22 J	
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	<div> <div>A</div> <div>M</div> <div>G</div> <div>A</div> <div>A</div> <div>M</div> <div>F</div> <div>F</div> <div>S</div> <div>A</div> </div>			D6M 0-20	 <p>areia fina amarelada com fragmentos de conchas e grânulos</p>	
20						
40						
60						
80						
100						
<div> <div>areia fina</div> <div>fragmentos de conchas</div> </div>						
Estruturas:					Contatos:	


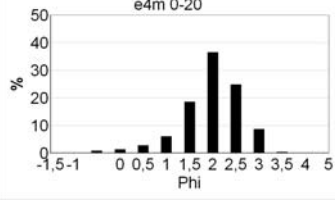







PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: E1M				COORDENADAS: 756053/ 7139395 UTM ZONA 22 J		
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M G A A A M M F F S A					
20				E1M 0-20		areia grossa amarelada com fragmentos de conchas e grânulos passando a cinza na base da camada
40						contato brusco
60						areia fina cinza clara
80						contato brusco
100				E1M 87-107		areia fina cinza escura com grânulos e fragmentos de conchas, bolsões de areia média amarelada e intercalações de lâminas ricos em finos.
						contato brusco
						lâminas de lama e areia
						areia grossa com bolsões de lama e fragmentos de conchas e de vegetais
<div>  areia grossa            areia fina            areia mto fina com lentes de lama            fragmentos de conchas         </div>						
Estruturas: ● bolas de lama ≡ laminação plano-paralela				Contatos: ⊥ contato brusco ⊥ contato gradacional		

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: E2M					COORDENADAS: 756126/ 7139610 UTM ZONA 22 J	
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				E2M 0-20		areia fina de cor cinza escura com fragmentos de conchas e bolsões com lama
40						lente de areia fina com grande concentração de fragmentos de conchas.
60				E2M 77-97		areia fina de cor cinza escura com fragmentos de conchas e bolsões com lama
80						
100						
<div>  areia fina            fragmentos de conchas         </div>						
Estruturas: ● bolas de lama					Contatos:	

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: E3M				COORDENADAS: 756202/ 7139831 UTM ZONA 22 J		
SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M G A A M A M F F S A					
20				E3M 0-20	 <p>e3m 0-20</p>	areia grossa amarelada com fragmentos de conchas e grânulos passando a cinza na base da camada
40				E3M 40-57	 <p>e3m 40-57</p>	contato brusco areia fina cinza escura com bolsões de lama irregulares e fragmentos de conchas pedaços de madeira na base
60						<b>DATADO: <sup>14</sup>C</b> 46,700 +5,800/- 3,350 anos A.P. (CENA-434)
80						
100						
<div>  areia grossa            areia fina            fragmentos de conchas         </div>						
Estruturas: ● bolas de lama					Contatos: ┴ contato brusco	


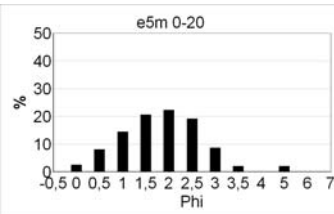
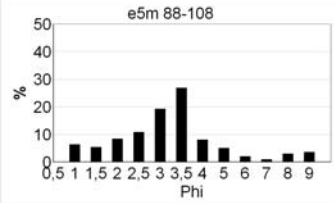




PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: E4M

COORDENADAS: 756275/ 7140046 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				E4M 0-20		areia média amarelada com fragmentos de conchas e grânulos em maior concentração na base indicando gradação normal
40						contato brusco com lente de conchas
60						areia fina cinza com bolsões de areia média irregulares e lentes de conchas
80						
100						
<div>    </div> <p><b>LEGENDA:</b> Litologia: areia média      areia fina      fragmentos de conchas</p>						
<p>Estruturas: ● bolas de lama</p> <p> lente de conchas</p>					<p>Contatos:  contato brusco com lente de conchas</p>	

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: E5M


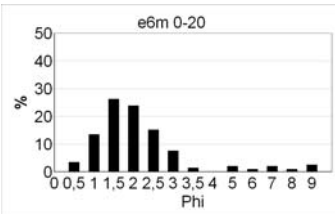
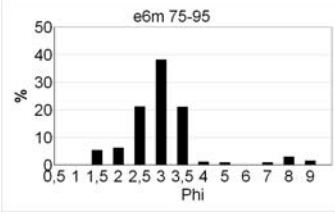



COORDENADAS: 756351/7140264 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M G A A M A M F F S A					
20				E5M 0-20		areia média de cor amarelada com fragmentos de conchas e grânulos com evidências de gradação normal
40		T				contato brusco
60		●				areia fina cinza com bolsões de lama
80		◇				lente de conchas e fragmentos vegetais
100		T				contato brusco
		≡		E5M 88-108		areia muito fina cinza escura com lâminas alternados lamosos e arenosos
<div>  areia média            areia fina            areia mto fina c/ lentes de lama            fragmentos de conchas         </div>						
Estruturas: ● bolas de lama ◇ lente de conchas ≡ laminação plano-paralela					Contatos: T contato brusco	



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: E6M


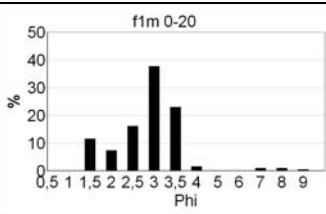
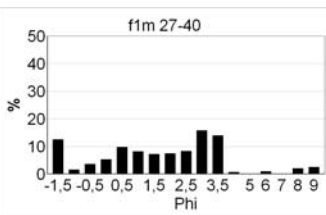
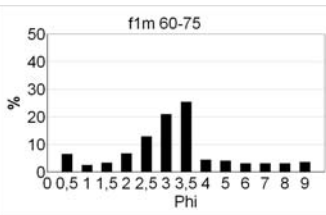
COORDENADAS: 756424/7140486 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M G A A M F F S A					
20				E6M 0-20		areia fina a média de cor amarelada com fragmentos de conchas e grânulos com evidências de gradação normal
40						
60						
80		●		E6M 75-95		contato brusco areia fina cinza escura com bolsões de lama e fragmentos de conchas
100						
<div>  areia média            areia fina            fragmentos de conchas         </div>						
Estruturas: ● bolas de lama					Contatos: T contato brusco	





PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: F1M


COORDENADAS: 756275/7139391 UTM ZONA 22 J


SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				F1M 0-20		areia fina cinza com fragmentos de conchas e grânulos e bolsões com lama
40				F1M 27-40		contato brusco com lente de conchas areia média cinza com muitos fragmentos de conchas e evidências de gradação normal
60				F1M 60-75		contato brusco areia muito fina cinza escura com bolsões de material mais grosso e fragmentos de conchas
80						
100						

**LEGENDA:** Litologia:


 areia média

 areia fina

 areia muito fina


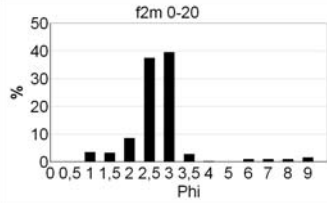
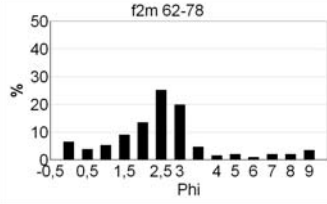




 fragmentos de conchas

**Estruturas:** ● bolas de lama

**Contatos:** T contato brusco  
T  contato brusco com lente de conchas


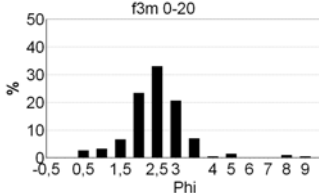
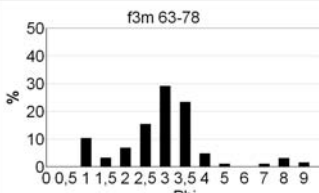





PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: F2M

COORDENADAS: 756337/7139605 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20		●		F2M 0-20		areia fina cinza com fragmentos de conchas e grânulos e bolsões irregulares preenchidos por lama
40		┐				contato brusco com lente de conchas
60		●		F2M 62-78		areia fina cinza escura com intercalações de lâminas ricos em finos e bolsões irregulares preenchidos lama
80		≡				
100						
<div>  areia fina            areia fina c/ lentes de silte            fragmentos de conchas         </div>						
<b>LEGENDA:</b> Litologia:				<b>Estruturas:</b> ● bolas de lama ≡ laminação plano-paralela		
				<b>Contatos:</b>  contato brusco com lente de conchas		


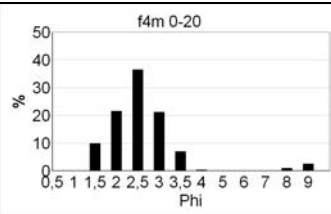
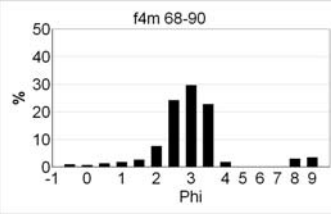




PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: F3M

COORDENADAS: 756420/7139827 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A G G M F F S A					
20				F3M 0-20	 <p>f3m 0-20</p>	areia fina cinza com fragmentos de conchas com lâminas de areia média a grossa com grânulos e fragmentos de conchas com gradação normal
40						
60				F3M 63-78	 <p>f3m 63-78</p>	areia fina cinza escura com intercalações de lâminas ricos em finos e bolsões irregulares preenchidos lama e presença de fragmentos de conchas
80						
100						
<div>  areia média            areia fina            areia fina c/ lentes de silte            fragmentos de conchas         </div>						
<b>LEGENDA:</b> Litologia: Estruturas: ● bolas de lama ≡ laminação plano-paralela					<b>Contatos:</b>  contato brusco com lente de conchas	


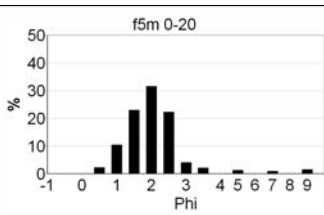
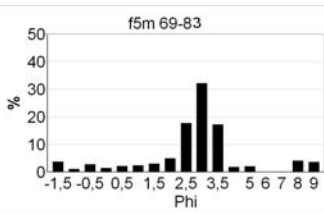
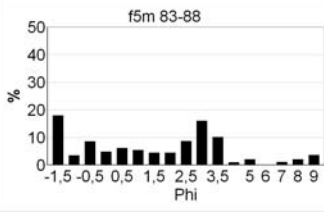



PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: F4M

COORDENADAS: 756490/7140049 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M A A A M G G M F F S A					
20				F4M 0-20		areia fina cinza com fragmentos de conchas
40						
60						
80				F4M 68-90		areia média a grossa com grânulos e fragmentos de conchas com gradação normal
100						
<div>  areia média            areia fina            areia fina c/ lentes de silte            fragmentos de conchas         </div>						
Estruturas: ● bolas de lama ≡ laminação plano-paralela					Contatos: T contato brusco	

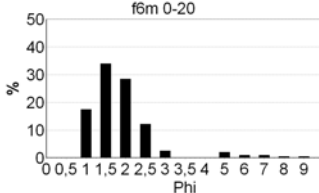
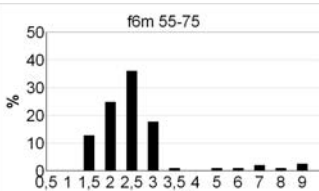




PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: F5M

COORDENADAS: 756569/ 7140260 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M G A A M F F S A					
20				F5M 0-20		areia média a grossa com grânulos e fragmentos de conchas cinza na base e amarelada no topo da camada
40		┐				contato gradacional
60		●		F5M 69-83		areia fina cinza escura com bolsões irregulares preenchidos lama e por areia média e presença de fragmentos de conchas
80		◡		F5M 83-88		lente de conchas e grânulos em meio a areia fina com lama
100						
<div>  areia média            areia fina            fragmentos de conchas         </div>						
Estruturas: ● bolas de lama ◡ lente de conchas					Contatos: ┐ contato gradacional	

PROJETO: PLATAFORMA / AMOSTRA: F6M

COORDENADAS: 756638/ 7140478 UTM ZONA 22 J

SEÇÃO (cm)	LITOLOGIAS	ESTRUTURAS E CONTATOS	IMAGEM	AMOSTRA	GRANULAÇÃO	DESCRIÇÃO DE FÁCIES
	A M G A A M G M F F S A					
20			F6	F6M 0-20	 <p>f6m 0-20</p>	areia média a grossa com grânulos e fragmentos de conchas, cinza na base e amarelada no topo da camada
40						
60				F6M 55-75	 <p>f6m 55-75</p>	contato gradacional areia fina cinza escura com bolsões irregulares preenchidos por lama e presença de fragmentos de conchas
80						
100						
<div>  areia média            areia fina            fragmentos de conchas         </div>						
Estruturas: ● bolas de lama					Contatos:  contato gradacional	